ЧАСОПИС ЗА АСТРОНОМИЈУ

васиона

UDC 52(05) Ξ YU ISSN 0506-4295 Ξ БРОЈ 1-2/2009 Ξ ГОДИНА LVII Ξ цена: 180 дин.



Орионова маглина

DATE des OBSERVATIONS.	Numeros des Nébuleuses	ASCENSION DROITE. En Temps.	En Degrés.	DÉCLINAISON.	Diamètre en degrés & min.
		H. M. S.	D. M. S.	D. M. S.	D M.
1781. Mars 20	93.	7. 35. 14	113. 48. 35	23. 19. 45 A	0. 8
24	94.	12. 40. 43	190. 10. 46	42. 18. 43 B	0. 2½
M. Méchain.	...		190. 9. 38	42. 18. 50	
24	95.	10. 32. 12	158. 3. 5	12. 50. 21 B	
M. Méchain.	...		158. 6. 23	12. 49. 50	
24	96.	10. 35. 5	158. 46. 20	12. 58. 9 B	
M. Méchain.	...		158. 48. 0	12. 57. 33	
24	97.	11. 1. 15	165. 18. 40	56. 13. 30 A	0. 2

N.os des Nébul.	Détails des Né *Les positio*
	très-bien avec un aucune étoile; le ronné de nébulo Comète : sa lumiè de la nébuleuse qu *n.° 13* de ce Ca en la comparant quatrième grande parallèle.
93.	Amas de petites éto Chien & la pro
94.	Nébuleuse sans étoil le parallèle de l'éto suivant Flamstéed losité peu diffuse. au dessous du Liè belle & plus brilla le 22 Mars 178
95.	Nébuleuse sans étoile sa lumière est trè
96.	Nébuleuse sans étoil dente; celle-ci parallèle de *Régu* leuses de la Vierg vit toutes deux l
97.	Nébuleuse dans la difficile à voir, ra on éclaire les fils sans étoile. M. M le 16 Février 178 lui. Près de cette pas encore été de est auprès de γ

265 1784.

ébuleuſes & des amas d'Étoiles.

ns ſont rapportées ci-contre.

e lunette d'un pied. Elle ne contient
centre en eſt clair & brillant, envi-
ité & reſſemble au noyau d'une groſſe
re, ſa grandeur, approchent beaucoup
i eſt dans la ceinture d'Hercule. Voyez
talogue : ſa poſition a été déterminée,
directement à l'étoile σ d'Hercule,
ur : la nébuleuſe & l'étoile ſur le même

iles, ſans nébuloſité, entre le grand
ue du Navire.

e, au-deſſus du cœur de Charles, ſur
ile *n.° 8*, ſixième grandeur des Lévriers,
: le centre en eſt brillant & la nébu-
Elle reſſemble à la nébuleuſe qui eſt
vre, *n.° 79*; mais celle-ci eſt plus
nte : M. Méchain en fit la découverte
1.

, dans le Lion, au-deſſus de l'étoile *l*:
s-foible.

, dans le Lion, près de la précé-
noins apparente, toutes deux ſur le
us: elles reſſemblent aux deux Nébu-
ge, *n.os 84 & 86*. M. Méchain les
20 Mars 1781.

rande Ourſe, près de β: elle eſt
pporte M. Méchain, ſur-tout quand
du micromètre : ſa lumière eſt foible,
léchain la vit pour la première fois
1, & la poſition eſt rapportée d'après
nébuleuſe il en vit une autre, qui n'a
éterminée, ainſi qu'une troiſième qui
de la grande Ourſe.

Z

Charles Messier 1781: Connoissance des Temps for 1784, страна 264-265 (љубазношћу: Bureau de Longitudes (BDL), Paris

Мала статистика Месијеових објеката

Када је Шарл Месије посматрао објекте који ће сачињавати данас познати М каталог, једини начин да их класификује била је способност његовог ока да разликује *amas d'étoiles* (звездана јата) и *nebuleuse* (маглине).

Данас, модерним астрофизичким техникама могуће је класификовати Месијеове објекте према њиховим физичким особинама. Дакле, Месијеов каталог садржи:

- 6 маглина
- 28 развејаних (отворена) јата
- 4 планетарне маглине
- 29 глобуларних (затворена) јата
- 40 галаксија
- 3 некатегоризована објекта

Месијеови објекти најмањег сјаја су М 76, М 91 и М 98, њихова привидна величина је 10.1

Највећи привидни пречник међу Месијеовим објектима има Андромедина галаксија (М 31), на небеској сфери заузима површину од приближно 4° × 1°, и може се видети голим оком као објекат 5 магнитуде.

Највећи Месијеов објекат М 101, спирална галаксија пречника око 184 000 светлосних година је скоро 1,5 пута већа од М 31 и скоро 2 пута већа од Млечног пута.

Месијеов објекат најмањег привидног пречника је М 40, пар звезда раздвојених свега 49'', нешто већи су М 73 и М 76 са пречником од 1'. Планетарна маглина М 76 под претпоставком да се налази на удаљености од 2550 светлосних година је физички најмањи Месијеов објекат са пречником од 0.7 светлосних година. Месијеови објекти М 40 и М 73 уствари и нису физички објекти.

Унутар Млечног пута налази се 69 објеката Месијеовог каталога, најближи објекат, на свега 430 светлосних година од нас су Плејаде (М 45), најдаљи је глобуларно јато М 75 на удаљености од 78 000 светлосних година.

Од 41. вангалактичког објеката у Месијеовом каталогу сви сем једног су галаксије. Изузетак је М 54, глобуларно јато оближње патуљасте галаксије SagDEG (*Sagittarius Dwarf Elliptical Galaxy*). Најудаљенији објекат у овој групи је М 109 налази се на удаљености од 67,5 милиона светлосних година.

Ако посматрамо старост Месијеових објеката најмлађи је М 1, остатак супернове посматране 1054. године. Глобуларна јата М 69 и М 92 су са процењених 12 - 13 милијарди година вероватно најстарији објекти које астрономи аматери могу да посматрају са својим инструментима.

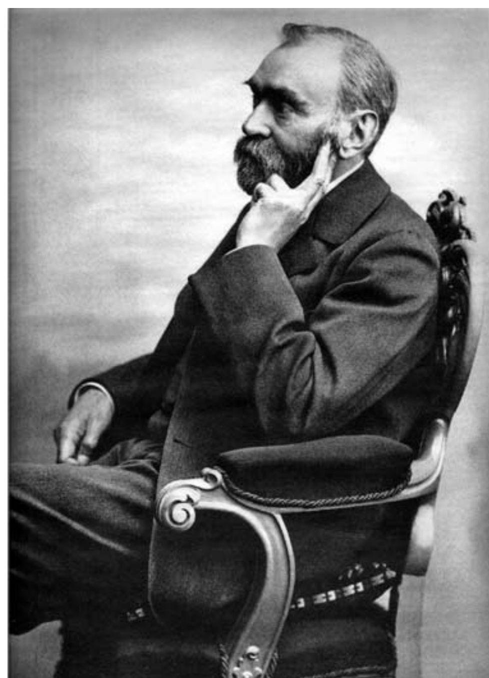
УДК - 524.82

Јасна Вукадиновић
катедра за астрономију,
Математички факултет, Београд

Нобелова награда за физику за 2006. годину - мисија COBE

Увод

Нобелова награда је интернационална награда која се додељује годишње од 1901. године појединцима или институцијама за највећи постигнут успех из физике, медицине, хемије, књижевности и доприносу за мир у свету. Награду је установио својим тестаментом 1895. године Алфред Нобел (слика 1). Он је био шведски индустријалац, проналазач динамита. Употреба динамита као оружја, тј. његова злоупотреба разочарала је Нобела па је то један од разлога зашто је одлучио да своје велико богатство завешта напорима оних који граде бољи свет. Од 1968. године Шведска банка додељује награду из економских наука у знак сећања на Алфреда Нобела. По правилу награда се додељује 10. децембра, на дан када је Алфред Нобел преминуо. Састоји се од златне медаље са ликом Нобела, дипломе и новчаног дела који данас износи око милион евра. Наравно, износ новчане награде се разликује од године до године, али је то увек неки сличан износ. До сада је укупно 746 појединаца и 17 организација добило Нобелову награду. Награда се може поделити, али највише између три добитника, а може се уопште и не доделити, ако одговарајућа комисија сматра да је нико није заслужио. Свака се награда, међутим, мора доделити барем једном у пет година. Дешавало се до сада да из неких разлога добитници одбију награду, али не много пута. Од укупног броја добитника само су 33 жене, а остало су мушкарци. Прва жена која је добила награду је Марија Кири (*Marie Curie*, рођена *Sklodowska*, 1867-1934), 1903. године. Марија је такође једина жена која је добила награду два пута, и то једном самостално! Најмлађи добитник је био Лоренс Браг (*Lawrence Bragg*, 1890-1971), који је 1915. награду поделио са својим оцем, Сер Вилијамом Хенри Брагом (*Ser William Henry Bragg,* 1862-1942). Лоренс је имао 25 година када је примио своју половину награде. Најстарији добитник је Рејмонд Дејвис Јуниор (*Raymond Davis Jr*, р. 1914.) који је имао скоро 88 година када је добио четвртину награде. Поделио ју је са Масатоши Кошибом (*Masatoshi Koshiba*, р. 1926.) који је добио другу четвртину и са Рикардом Ђаконијем (*Riccardo Giacconi*, р. 1931.) који је добио половину награде. Једина особа која је самостално добила две Нобелове награде био је Линус Паулинг, 1954. за хемију, а 1962. за мир.



Слика 1. Алфред Нобел.

Што се физике тиче, Нобелова награда је почела да се додељује баш у време кључних открића која ће знатно променити наш поглед на свет. Први добитник Нобелове награде за физику је Вилхелм Рентген (*Wilhelm Conrad Roentgen*, 1845-1923), који је открио X-зраке, и награда му је додељена 1901. године. Две године касније (1903.) за рад на пољу радиоактивности Нобелову награду су поделили Антоан Хенри Бекерел (*Antoine Henri Becquerel*, 1852-1908), за откриће радиоактивности и Марија и Пјер Кири (*Pierre Curie*, 1859-1906) за истраживања природе радиоактивности. Међу првим добитницима награде за физику били су и Хендрик Лоренц (*Hendrik A. Lorentz*) и Питер Земан (*Pieter Zeeman*) 1902, за утицај магнетизма на феномен радијације.

Микроталасно позадинско зрачење (МПЗ)

Нобелову награду за физику за 2006. годину добили су Џон Матер (*John Mather*) и Џорџ Смут (*George Smoot*), амерички астрофизичари. Награда им је додељена за радове засноване на подацима који су пристигли са сателита *COBE* (*COsmic Background Explorer* – претраживач космичке позадине). Посматрања извршена сателитом *COBE* показала су флуктуације у температури микроталасног позадинског

зрачења, као и да спектар микроталасног позадинског зрачења има облик спектра идеално црног тела.

Историја открића микроталсног позадинског зрачења

Прича о микроталасном позадинском зрачењу почиње 60-тих година прошлог века у лабораторијама телефонске компаније Бел у Њу Џерзију, Пензиас и Вилсон су на $\lambda = 7{,}35$ *cm* открили „радио-сјај" позадине неба који није био очекиван. Интензитет зрачења на $\lambda = 7{,}35$ *cm* одговарао је зрачењу црног тела на температури од око 3К. Рад у којем је објављено ово откриће штампан је 1965. године [1].

Ако се вратимо у прошлост, и ако се држимо модела Великог праска (приказан шематски на слици 2), микроталасно позадинско зрачење је настало 380 000 година после велике експлозије. Оно је као реликт зрачења из ране васионе термално и изотропно. Сматра се да се ово зрачење ослобађало на температури од око 3000 *K* приликом рекомбинације електрона и протона у неутрални водоник. Оно се хладило наредних 13,7 милијарди година (колико се процењује да је старост Космоса), током еволуције комоса, и охладило се на температуру од 2,7 *K*. Космос је као целина био у термодинамичкој равнотежи и 380 000 година после „Велике" експлозије та равнотежа се нарушава и зрачење одједном постаје слободно. Од тог тренутка Космос више није био у термодинамичкој равнотежи. Пошто је зрачење ослобођено из термодинамичке равнотеже очекујемо да има спектар који је дефнисан Планковим законом зрачења. Ако довољно осетљив телескоп уперимо у било који део неба ми ћемо детектовати микроталасно позадинско зрачење.



Слика 2. Шематски приказ Великог праска.

Уследила су многобројна посматрања у циљу изучавања микроталасног позадинског зрачења. Мерења су вршена са Земље на разним таласним дужинама. Због апсорпције Земљине атмосфере није се могао добити максимум одговарајуће Планкове криве, па је било неопходно лансирање сателита.

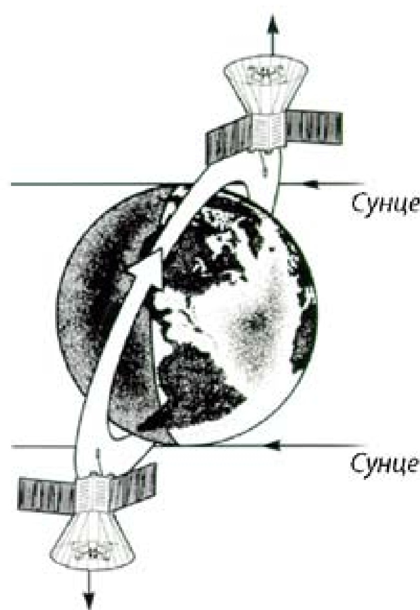
Мисија COBE

Сателит *COBE* је Америчка свемирска агенција *NASA* (*National Aeronautics and Space Administration* – Национална ваздухопловна и свемирска администрација) лансирала у Земљину орбиту 18. новембра 1989. године, у циљу добијања што прецизније спектралне расподеле позадинског зрачења и одређивања његове температуре. Он мери зрачење у опсегу таласних дужина између 1 *μm* и 1 *cm*. Лансирању је претходило петнаест година рада тима састављеног од више од хиљаду научника, инжењера и административног особља. После само два месеца рада у орбити, COBE је послао податке који су потврдили изотропност флукса и термални спектар микроталасног позадинског зрачења са максимумом на око 1 *mm*. Из свих праваца добијено је зрачење чија се расподела савршено поклапа са расподелом зрачења црног тела на температури $T = 2{,}735 \pm 0{,}06$ *K*.

Сателит је у орбити био постављен тако да је његова оса ротације увек нормална на правац простирања Сунчевих зрака (слика 3). На сателит је монтиран и штит против штетног утицаја непожељних таласа.

На *COBE* сателиту су постављена три инструмента :

• DIRBE (*Difuse InfraRed Background Experiment* –



Слика 3. Шематски приказ сателита у орбити око Земље.

који је снимао дифузно зрачење у инфрацрвеном делу спектра) – снимао је инфрацрвену позадину. За његов рад и конструкцију био је задужен Мајк Хаусер (*Mike Hauser*).

- *DMR* (*Diferential Microwave Radiometer* – диференцијални микроталасни радиометар) – је мерио анизотропије микроталасног позадинског зрачења. За његов рад и конструкцију био је задужен Џорџ Смут. Његов задатак био је да трага за анизотропијама микроталасног позадинског зрачења на три таласне дужине: 3 *mm*, 6 *mm* и 10 *mm*. Раздвојна моћ му је око 7°. Све то у циљу детектовања трагова настанка првих већих структура у Космосу. *DMR* уређај скупља зрачење помоћу две хорн антене које су размакнуте под углом од 60° и уперене у два различита дела неба. Диференцијални радиометри микроталасног зрачења мере разлике у сјају из та два правца истовремено.
- *FIRAS* (*Far InfraRed Absolute Spectrophotometer* – спектрофотометар за далеку инфрацрвену област) – мерио је спектар микроталасног позадинског зрачења, у опсегу од 0,1 - 10 *mm*. За његов рад и конструкцију био је задужен Џон Матер, који је био и руководилац целе *COBE* мисије. Овај инструмент се састоји из два раздвојена интерферометра који мере разлику између сигнала са неба и калибрационог црног тела. За сакупљање зрачења *FIRAS* користи трубасти конус.

Резултати мисије COBE - Анизотропија микроталасног позадинског зрачења

Први резултати који су пристигли са сателита објављени су 1992. године [2]. То су били резултати са *DMR* инструмента. Детектоване су флуктуације у температури микроталасног позадинског зрачења реда 10^{-5} *K*, са грешком од 13 μK са систематским одступањем од 3 μK (слика 5).

Ови резултати потврдили су ранија предвиђања [3], односно, детектоване анизотропије представљају форме које одговарају почетним структурама створеним у раном Космосу.

Већина модела који се баве Космосом његовим настанком, ширењем и целокупним развојем предвиђа температурне варијације које прате Гаусову расподелу.

Подаци са *DMR* инструмента показују температурске флуктуације гаусовског типа и обезбеђују подршку инфлаторном ширењу Космоса (по моделима).

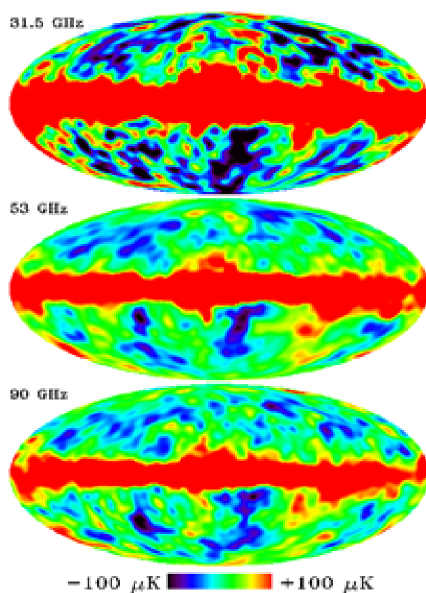
Резултати добијени *COBE* сателитом недавно су проверени сателитом *WMAP* (*Wilkinson Microvawe Anisotropy Probe* – Вилкинсонова сонда за микроталасну анизотропију). *WMAP* је имао већу раздвојну моћ (приближно 1°), и његови резултати су финије поделе (слика 6), [4].

Спектар микроталасног позадинског зрачења

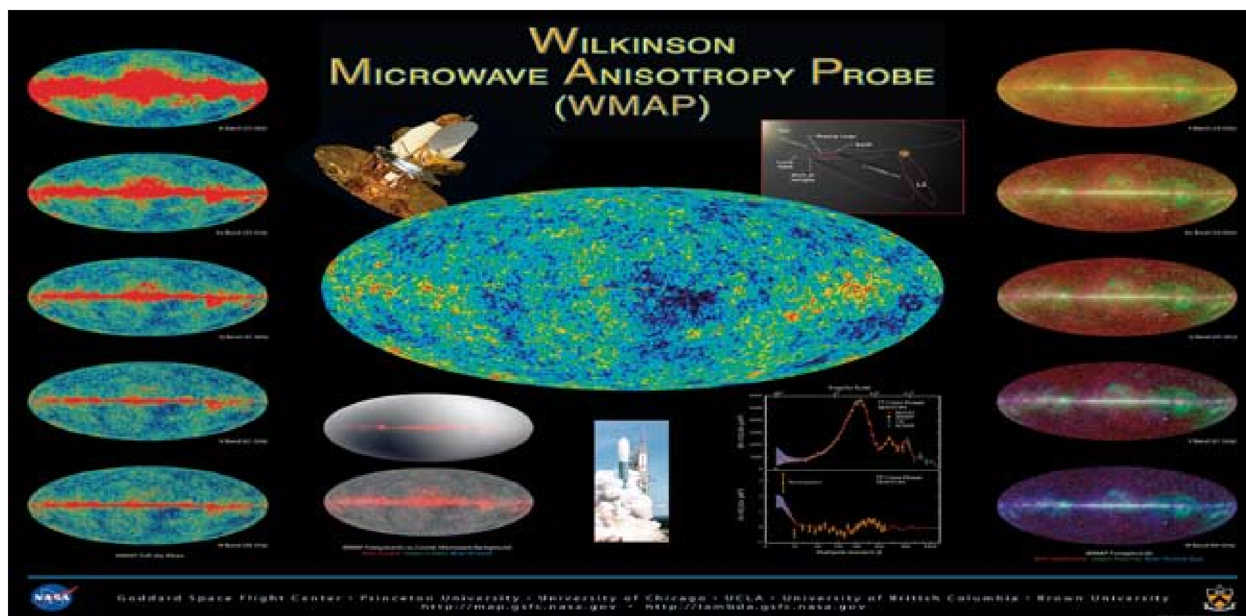
Да се подсетимо, за снимање спектра микроталасног позадинског зрачења био је задужен *FIRAS*, и резултати њиме добијени су запањујуће прецизни. То мерење претставља најпрецизније мерење које је извршено до сада узимајући у обзир све експерименталне науке. Први јако прецизни резултати добијени су после само девет минута рада *FIRAS* инструмента (слика 7). Добијен је висок степен слагање теоријске криве (која представља спектар црног тела на температури од 2,735 ± 0,060 *K*) и ме-



Слика 4. *COBE* сателит, ширина сателита је 8,5 *m*, висина 5,5 *m*, а маса му је 2300 *kg*.



Слика 5. Резултати са *DMR* инструмента, у галактичким координатама, на таласној дужини од 6 *mm*.



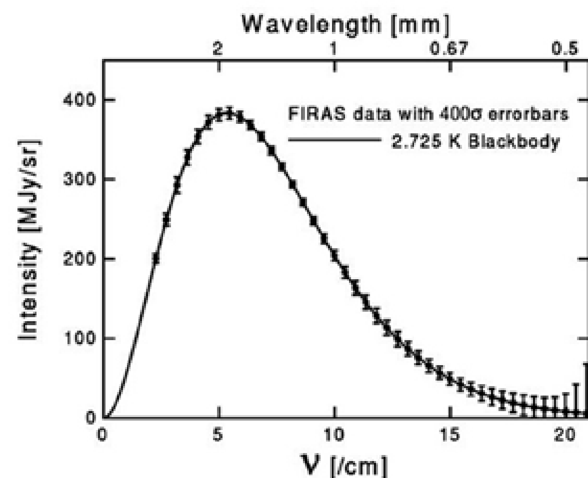
Слика 6. Резултати са *WMAP* сателита у галактичким координатама.

рених вредности (кружићи са грешкама). Ово су први резултати које је Џон Матер објавио са својим сарадницима 1990. године [5].

Коначна вредност за температуру микроталасног позадинског зрачења је објављена у раду Матера са сарадницима из 1994. године [6] и износи 2,725 ± 0,002 *K*, са одступањима у односу на спектар црног тела која су мања од једног стохиљадитог дела келвина.

Закључак

Пошто је откривено, микроталасно позадинско зрачење имало је велики утицај на космологију. Дало је одговоре на нека постојећа питања и, као што то увек бива са неким открићем, отворило низ других питања. Резултати са *COBE* сателита су дали подршку моделу Великог праска, и обезбедили увид у форме које одговарају почетним структурама створеним у раном Космосу – увид у ране фазе еволуције Космоса. Облик спектра микроталасног позадинског зрачења, и флуктуације у температури микроталасног позадинског зрачења су открића која су Џон Матеру и Џорџ Смуту обезбедила да заслужено добију Нобелову награду. Као што знамо, још увек је период најранијег Космоса у великој мери скривен од нас. Космолози се труде да открију тајне тог доба, и то им полази за руком. Бар до сада, резултати посматрања дају наде за потпуније упознавање раног Космоса.



Слика 7. Резултати са *FIRAS* инструмента – спектар микроталасног позадинског зрачења.

Литература

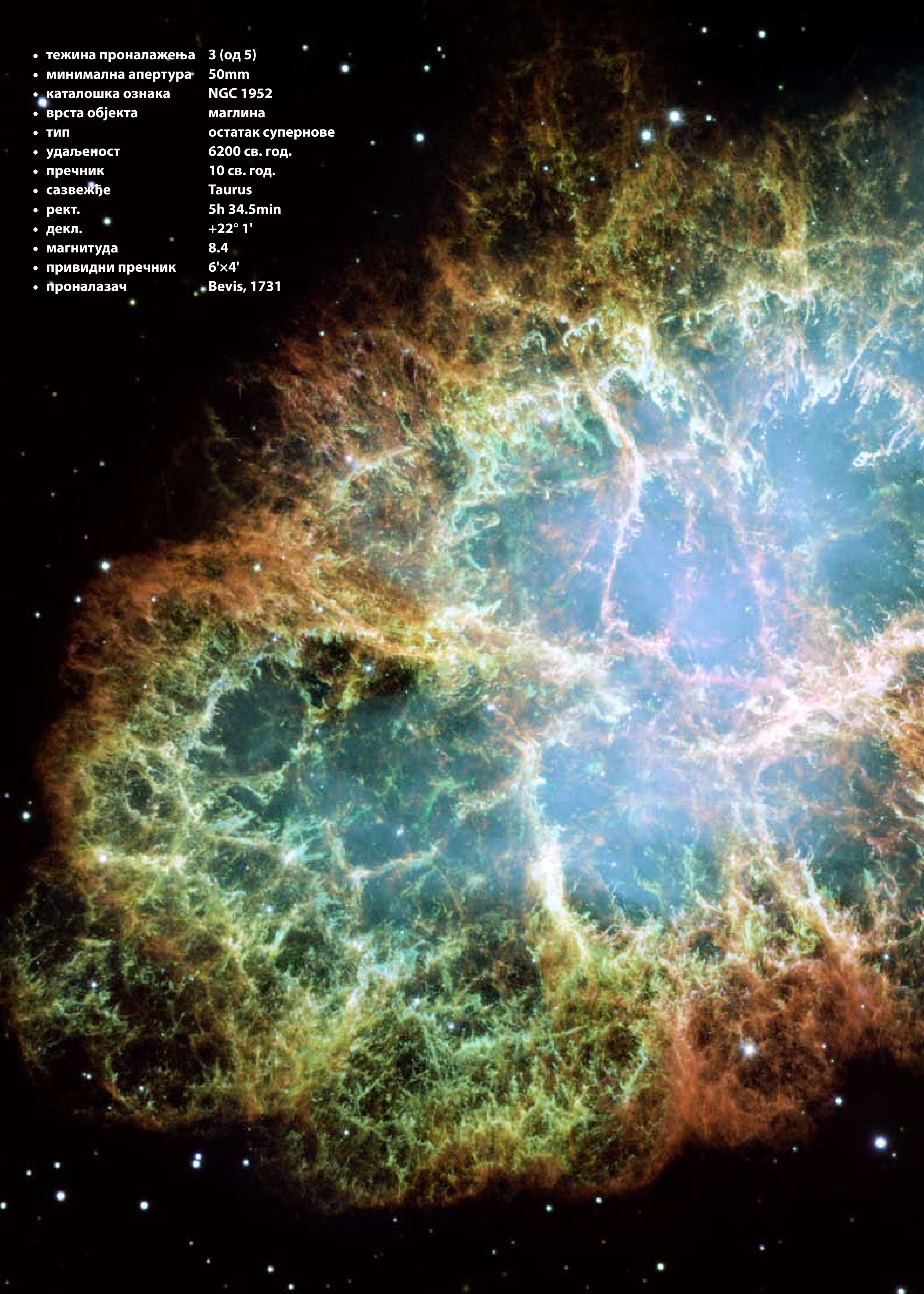
1. Penzias, A.A. and Wilson, R.W., Astrophys. J (Letters) 142, 419 (1965)
2. Smoot, G. et al., Astrophys. J. (Letters) 396, 1 (1992)
3. Wright, E.L. et al., Astrophys. J. (Letters) 396, 13 (1992)
4. Bennet, C.L. et al., Astrophys. J. Suppl. 148, 1 (2003)
5. Mather, J.C. et al., Astrophys. J. (Letters) 354, 37 (1990)
6. Mather, J.C., Astrophys. J. 420, 440 (1994)

Овај семинарски рад урађен је под руководством доц. др Д. Урошевића и асистента мр Д.Илић, школске године 2006/07.

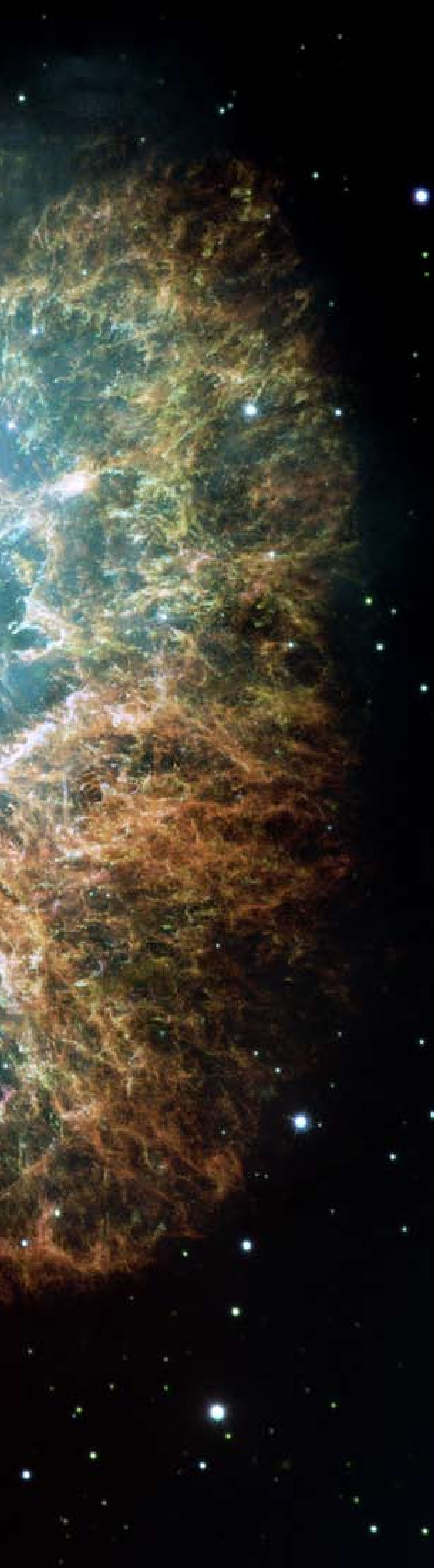
Nobel prize for physics for 2006

Jasna Vukadinović

This is a description of the COBE mission, which earned to the main investigators the Nobel prize for physics for 2006.



- **тежина проналажења** **3 (од 5)**
- **минимална апертура** **50mm**
- **каталошка ознака** **NGC 1952**
- **врста објекта** **маглина**
- **тип** **остатак супернове**
- **удаљеност** **6200 св. год.**
- **пречник** **10 св. год.**
- **сазвежђе** **Taurus**
- **рект.** **5h 34.5min**
- **декл.** **+22° 1'**
- **магнитуда** **8.4**
- **привидни пречник** **6'×4'**
- **проналазач** **Bevis, 1731**



M1 - „Краб Маглина” (љубазношћу: NASA, ESA and Allison Loll/Jeff Hester (Arizona State University), Davide De Martin (ESA/Hubble)

M1 - „Краб маглина”

Астрофизика

Краб маглина је једини остатак супернове у Месијеовом каталогу. Због близине, старости и занимљивих детаља M1 је један од највише проучаваних објеката у Галаксији.

Пречник Краб маглине је око 10 светлосних година а процењује се да је маса маглине 5 пута већа од масе Сунца. Апсолутна магнитуда је -3. У оптичком делу спектра две емисионе линије су лако уочљиве. Једна потиче од кисеоника (*OIII*), док је друга од водоника (*Hα*). Линије водоника се виде у нијансама црвене боје и најучљивије су у спољашним деловима маглине где се гас избачен у експлозији супернове 1054 године судара са међузвезданом материјом, загрева и сија. Линије кисеоника, нијансе плаво-зелене боје, видљиве у унутрашњим деловима маглине, представљају извор континуалног спектра и јако су поларизоване. Механизам који је одговоран за настанак ове емисије зрачења је тзв. синхротронски механизам (електрон зрачи када се великом брзином креће у јаком магнетном пољу). M1 се сматра за најбољу природну лабораторију за проучавање синхротронског механизма зрачења на таласним дужинама од *X* до радио дела спектра. Први је ово уочио Шкловски, 1953. године.

M1 се може посматрати готово у целом опсегу електромагнетног спектра. Године 1948. уочена је јака радио-емисија, а зрачење у *X* делу је откривено 1964. године. Због тога, Краб маглина има неколико додатних ознака, *Taurus A, 3C 144* и *Tau X-1*. Флукс у *X* делу спектра је стотину пута већи од флукса у оптичком делу, а укупни израчен флукс на свим таласним дужинама је 5×10^{11} *J/s.* Колапсирајуће језгро звезде у центру маглине својим јаким магнетним пољем убрзава наелектрисане честице у околини полова и емитује зрачење дуж магнетне осе, које је нагнута у односу на осу ротације звезде. Како се Земља налази на линији која се поклапа са магнетном осом неутронске звезде, приликом сваке ротације се може детектовати снажан импулс зрачења па се овај тип неутронских звезда назива пулсар. Пулсар унутар M1 је свега 10 *km* у пречнику и апсолутне магнитуде + 4.5. Пулсар у Краб маглини је први пулсар коме је пронађен оптички парњак. Ова звезда, 16 привидне магнитуде има ознаку *CM Tauri* и пулсира како у радио тако и у оптичком делу спектра са периодом од 33.085 милисекунди. Како је свега неколико оптичких пулсара познато, ово је још један од разлога за интензивна проучавања Краб маглине.

Звезда која је створила маглину имала је масу од 8 до 13 маса Сунца и процењује се да је приликом експлозије ослободила сјај који је премашио сјај Сунца за око 4×10^8 пута. Материја избачена приликом еклозије креће се брзином од 2500 *km/s*, док се плави хало креће брзином од 1160 *m/s*.

УДК - 524.38

Јована Мишић,
катедра за астрономију,
Математички факултет, Београд

Тесни двојни системи - ТДС

Увод

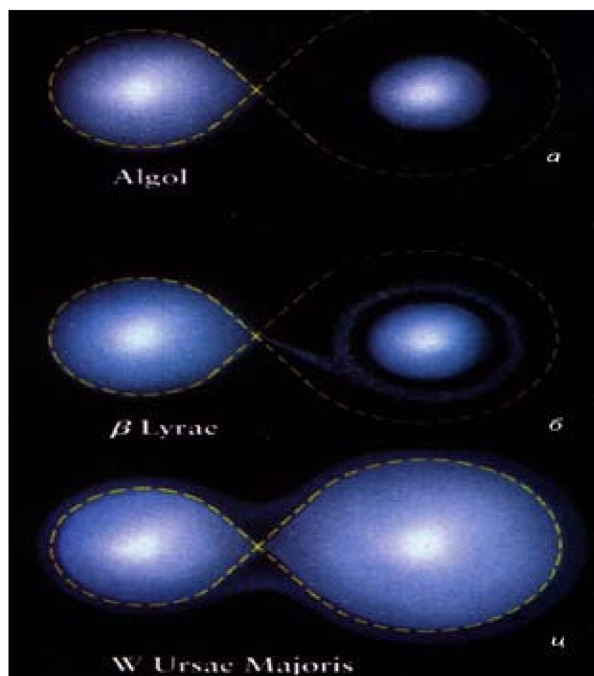
Најмање половина свих звезда које видимо на небу припадају вишеструким системима тј. системима који се састоје од две или више звезда које под дејством узајамне гравитације орбитирају око заједничког центра масе. Проучавање ових система омогућава одређивање важних звезданих параметара као што су маса, радијус, температура и др, а пошто су компоненте ових система истог порекла значајни су и за проучавање еволуције звезда.

Према узајамном положају звезда у двојним системима и начину детектовања, деле се на:

- визуелно двојне звезде чије су компоненте међусобно довољно удаљене да се могу видети одвојено.
- спектроскопски двојне звезде које се не могу визуелно детектовати као двојне, али им се у спектру запажа периодично Доплерово померање линија што је последица орбиталног кретања.
- еклипсно двојне звезде чије правилне промене сјаја настају због међусобних периодичних помрачења компонената.
- тесно двојне звезде (ТДС) код којих су звезде толико близу да у једном тренутку током еволуције може доћи до претакања материје са једне на другу компоненту што утиче на ток њихове еволуције. Ови системи су често и еклипсно двојни. Такође, они су и природна лабораторија за тестирање Ајнштајнове теорије релативности [1].

Типови ТДС-а

Иако неки двојни системи могу да настану гравитационим заробљавањем, већина је настала још при формирању протозвезда. На слици 1 су приказана три различита типа ТДС-а. Замишљена површ, приказана испрекиданом линијом, назива се критична Рошова површ која пролази кроз Лагранжеву тачку у којој је резултанта гравитационих и центрифугалних сила једнака нули. Састоји се од два Рошова овала који су спојени у унутрашњој Лагранжовој тачки (L1). У сваком овалу доминира гравитација једне компоненте. У зависности од попуњености Рошовог овала имамо одвојени двојни систем. Приказан на слици 1а, када су радијуси звезда мањи од њихове међсобне удаљености. У оваквом систему звезде еволуирају независно. Ако се једна звезда у току еволуције рашири довољно да попуни Рошов



Слика 1. Примери ТДС-а: а) одвојени, б) полуконтактни, ц) контактни двојни систем.

овал имамо полуконтактни двојни систем (Слика 1б). Звезда постаје нестабилна, почиње да губи масу преко Лагранжеве тачке. Трећи случај је када обе звезде испуне свој Рошов овал, тада имамо контактни двојни систем (слика 1ц). Ове звезде имају заједнички омотач. Лагранжева тачка је врло битна за ове системе зато што се преко ње преноси највећи део масе са једне звезде на другу. Растојање од L1 до звезда маса M_1 и M_2 дато је као l_1 и l_2 респективно:

$$l_1 = a[0.500 - 0.227 \log_{10}(M_2/M_1)]$$

$$l_2 = a[0.500 + 0.227 \log_{10}(M_2/M_1)]$$

Еволуција у ТДС-у

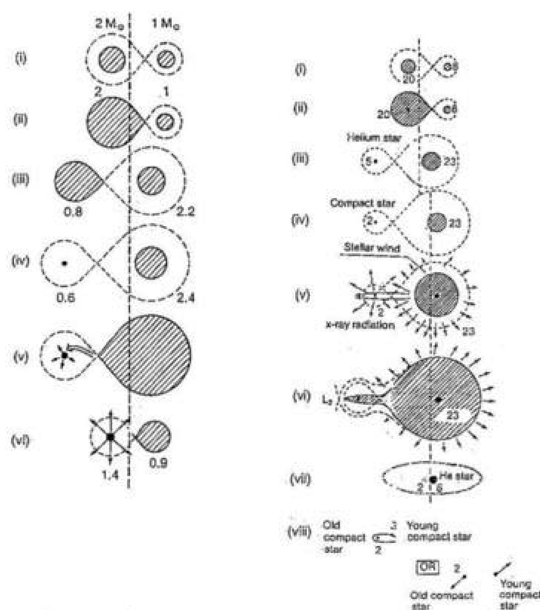
Прво разматрамо еволуцију звезда малих маса у ТДС-у (Слика 2, лево). Еволуција почиње у одвојеном двојном систему, где као што је речено звезде еволуирају одвојено (Слика 2, лево, случај i). Примарна компонента А је масивнија и брже еволуира. Масу губи прво путем звезданог ветра, а када у току еволуције стигне у фазу црвеног џина и испуни свој Рошов овал, онда и преко тачке L1. Њена еволуција и даље се одвија као да је усамљена звезда,

када истроши своје гориво почиње да се сажима, престаје проток материје преко L1 на секундарну звезду Б, и компонента А постаје компактна звезда (Слика 2, лево, случај iv). Секундарна компонента је у почетку спорије еволуирала пошто је имала мању масу, али како почиње трансфер масе преко тачке L1 њена еволуција се убрзава. Сада она долази у фазу црвеног џина и када компонента Б испуни свој Рошов овал, почиње поново трансфер масе на компоненту А преко L1 (Слика 2, лево, случај v).

Маса не пада директно на компоненту А, већ се ствара акрециони диск (ако је компонента А еволуирала у белог патуљка) који лежи у орбиталној равни и ротира заједно са системом. Ако је компонента А постала неутронска звезда са јаким магнетним пољем неће се створити акрециони диск већ ће се материја преносити дуж магнетних линија сила на полове звезде. Трансфером материје маса јој се повећава као и брзина ротације, па компонента А коначно може завршити као бели патуљак, ако се фаза црвеног џина компоненте Б заврши пре него она пређе Чандрасекарову границу (1.4M⊙). У супротном настаје експлозија супернове типа Ia и остаје неутронска звезда са слабим магнетним пољем. Приликом експлозије супернове може доћи до разарања система (Слика 2, лево, случај vi). У случају да маса звезде пређе 3M⊙ она ће колапсирати у црну рупу.

У зависности од тога колику је масу имала у тренутку одвајања од Рошове површи компонента Б може да заврши као: бели патуљак, неутронска звезда (у том случају долази до разарања система).

У случају звезда маса већих од 15M⊙, први део еволуције се одвија као код звезда малих маса



Слика 2. Еволуција у ТДС-у. Еволуција звезда малих маса-лево, еволуција звезда великих маса-десно.

(Слика 2, десно, случајеви i-iv), али кад секундарна компонента испуни свој Рошов овал, поред губитка материје путем звезданог ветра, долази и до претакања преко Лагранжеве тачке. Материја пада на примарну компоненту која је већ постала компактна звезда и долази до зрачења у X делу спектра (Слика 2, десно, случај v). Секундарна звезда у наставку еволуције пролази кроз фазу црвеног џина, губи највећи део своје масе и са престанком реакција у језгру постаје масивна хелијумска звезда (Слика 2, десно, случај vi). Под дејством гравитације звезде се приближавају, прекида се емисија X-зрачења, ствара се заједнички омотач који постаје видљива маглина. Оваква хелијумска звезда се назива Волф-Рајеова (*Wolf-Rayet*) звезда.

Ако је радијус примарне компоненте мањи од 5% растојања између звезда, материја неће пасти директно на њену површину већ ће створити акрециони диск. На месту где материја удара о диск ствара се „врућа пега", честице гаса губе своју енергију и почињу да се спирално спуштају ка површини звезде. Због судара честица и турбуленције у диску, део кинетичке енергије се претвара у топлотну која се емитује на различитим таласним дужинама, које расту од унутрашње ка спољашњој граници пошто температура опада у том смеру. Ако је компонента А постала бели патуљак, зрачење које се ослобађа при удару честица у површину звезде ће бити у видљивом делу спектра, а ако је у питању неутронска звезда емитоваће се X-зрачење.

Бели патуљци у ТДС-у

Ако је примарна компонента у ТДС-у бели патуљак, као резултат можемо добити патуљасту нову, класичну нову или супернову.

Патуљасте нове припадају групи катаклизмичних нових. Одликује их изненадна, али релативно мала промена сјаја од 2^m до 5^m. За разлику од супернових оне преживе ослобађање енергије па се експлозија понавља. Ерупције трају од 5 до 20 дана, а периоди између њих су од 10 до 100 дана (30 - 300). Узрок експлозија је изненадно повећање стопе којом материја протиче кроз акрециони диск. Она почиње у хладнијим, спољашњим деловима диска, и шири се ка топлијим, унутрашњим па је зрачење у видљивом делу спектра праћено UV-зрачењем.

Још увек није разјашњен механизам повећања протока масе кроз диск. Један од могућих сценарија јесте периодично преплављавање Рошовог овала узроковано нестабилношћу у спољашњим слојевима секундарне звезде. Ова нестабилност може бити последица зоне делимично јонизованог водоника, који нагомилава и ослобађа енергију, ако се она налази довољно близу површине. Међутим, пошто је секундарна звезда често звезда главног низа спектралне класе G, ова зона може да буде сувише дубоко да би произвела нестабилност.

Други сценарио каже да вискозност дис-

ка одређује стопу којом ће се материја спуштати кроз диск. Што је нижа непрозрачност, касније је хлађење, нижа је температура, мања је вискозност, па је отпор орбиталном кретању гаса мањи и он се нагомилава у диску. Са повећањем непрозрачности расту температура и вискозност и маса слободно пада кроз диск. Периодичним повећавањем и смањивањем вискозности производе се таласи који доводе до експлозија. До нестабилности долази зато што се нагомилавањем материје споро загрева спољашњи диск, а ослобађањем се хлади. Овај механизам не одговара великим стопама акреције.

Орбитални период патуљастих нових се креће између 76^{min} и 16^{h}. Занимљиво је да ни један детектовани систем нема период између 2.25 и 2.83^{h}. Код патуљастих нових омотач није детектован. Бели патуљци у двојним системима имају масу око 0.85M⊙ (усамљени 0.6M⊙). Највећи део светлости патуљастих нових потиче са акреционог диска. У мирном периоду оне емитују UV и тврдо X-зрачење.

Класичне нове карактерише промена сјаја за 8 до 12 магнитуда. Луминозност нове порасте врло брзо. Максимална луминозност може да достигне 105L⊙, а енергија која се ослободи на свим таласним дужинама заједно у року од 100 дана је око 10^{45} erg. У зависности од брзине опадања сјаја деле се на брзе и споре нове. Код брзих нових сјај опадне за две магнитуде у року од неколико недеља док је спорима потребно око сто дана.

Дакле, када је у ТДС-у примарна компонента еволуирала у белог патуљка, а секундарна дошла у фазу црвеног џина и испунила Рошов овал, долази до претакања омотача богатог водоником преко тачке L1. Водоник се нагомилава на површини белог патуљка, сабија се и загрева, а турбулентно мешање обогаћује овај слој угљеником, азотом и кисеоником. Када луминозност пређе границу од 10^{38} erg притисак зрачења може да избаци акреициони материјал у околни простор. Само 10% водониковог слоја бива избачено експлозијом нове. Ово је фаза хидродинамичког избацивања која доминира код брзих нових. После ње се успоставља хидростатичка равнотежа и почиње фаза хидростатичког сагоревања. Ова фаза је врло битна за споре нове и у њој се производи енергија константном стопом. После неколико месеци од почетка ове фазе избачен је и последњи слој акреционог диска. Фаза се завршава, бели патуљак почиње да се хлади и систем се враћа у мирну конфигурацију у којој процес акреције поново почиње.

Нагомилани материјал се избацује у виду лопти врелог гаса брзинама од неколико стотина до неколико хиљада *km/s*. Количина избаченог гаса је иста за споре и брзе нове, али је за ове друге брзина три пута већа. Ова лопта врелог гаса пролази кроз три различите фазе. Прва је оптички густа фаза која траје неколико дана и завршава се када видљиви сјај достигне максимум. У овој фази ватрена лопта зрачи као црно тело на температури 6000 - 10 000 K и светлост долази из њене фотосфере. Љуска одбаченог гаса наставља да се шири, постаје све ређа док коначно не постане провидна. Тада почиње оптички ретка фаза. Када температура ширећег гаса падне на 1000 K угљеник се згушњава и формира прашину која се састоји од зрна графита. Формирање оптички густе маглине замрачује или потпуно сакрива белог патуљка. Болометријска луминозност нове (целокупно зрачење на свим таласним дужинама) остаје константна све док бели патуљак производи енергију.

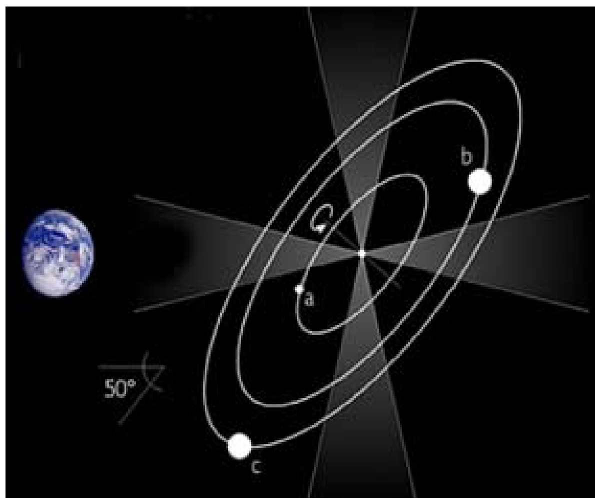
Карактеристике појединачних нових (максимум луминозности, стопа опадања сјаја, присуство брзих флуктуација у сјају, нестајање нове на таласним дужинама у видљивом делу спектра) се међусобно разликују од система до система.

Супернове делимо на тип I које немају водоникове линије у спектру и тип II које их имају. Супернове типа I делимо још на тип Ia које имају јаке линије SiII и на тип Ib ако постоји присуство линија хелијума и тип Ic ако не постоји. Све супернове типа Ia потичу из тесно двојних система. Могу се пронаћи у свим типовима галаксија. Тип Ia највероватније настаје експлозијом угљо-кисеоничног белог патуљка која је последица акреције у ТДС-у. Када бели патуљак достигне масу од 1.3M⊙ почиње сагоревање угљеника у центру звезде, повећава се температура и дегенерисано језгро почиње да се шири. Сагоревање угљеника се помера ка површини и једна половина масе се претвори у гвожђе пре него се дегенерација језгра отклони (заустави). У овом процесу се ослободи енергија довољна да поремети белог патуљка и доведе до супернове типа Ia. Ове супернове могу да се искористе као стандардне свеће за одређивање галактичких даљина.

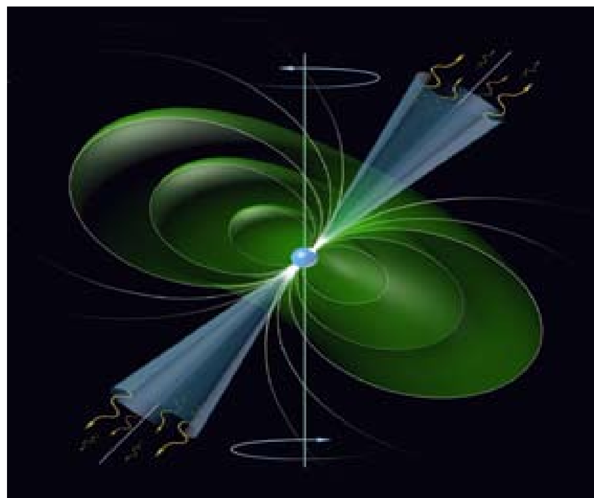
Супернове типа Ib и Ic су експлозије звезда са почетном масом на главном низу од око 20M⊙ код којих је водонични омотач одбачен у току еволуције или путем звезданог ветра или претакањем масе у ТДС-у остављајући огољено језгро хелијума. Експлозију покреће колапс дегенерисаног гвозденог језгра.

Неутронске звезде и црне рупе у ТДС-у

Ако једна звезда у систему експлодира као супернова резултат може бити неутронска звезда или црна рупа која орбитира око свог пратиоца. Да не би дошло до разарања система при експлозији супернове маса која је избачена мора бити мања од половине почетне масе система. Двојни систем са неутронском звездом може да се добије и гравитационим заробљавањем тј. када усамљена неутронска звезда прође довољно близу неке друге звезде да може бити захваћена њеним гравитационим пољем. Ово захватање је најефикасније у регионима који су густо насељени звездама као што су глобуларна јата. Ако неутронска звезда има слабо магнетно поље, које неће у потпуности пореметити стварање акреционог



Слика 3. Оријентација система PSR 1257 + 12.



Слика 4. Шема пулсара.

диска, материја ће се нагомилавати на површини звезде и када се направи слој водоника од неколико метара полако ће почети његово сагоревање метар испод површине слоја. Метар испод тога почеће фузија хелијума која је експлозивна и у року од само неколико секунди ослобађа се енергија од приближно 10^{39} erg. Део ослобођених X-зрака може бити апсорбован у акреционом диску и реемитован као видљива светлост. Наредни слој водоника се нагомила за време од неколико сати до једног дана па долази до још једне експлозије X-зрака.

Ако је једна компонента двојног система црна рупа, акрецијом материје на њу такође могу бити произведени X-зраци. Идентификована су два типа система са X-зрачењем. Уобичајенији тип су они системи код којих је секундарна звезда мале масе, *LMXB* (*Low-Mass X-ray Binary*). Ови системи производе бљескове X-зрака. Пошто је секундарна звезда малих димензија, да би дошло до претакања масе, компоненте морају бити врло близу па су орбитални периоди ових система између 41^{min} и 9.8 дана. Системи код којих је секундарна звезда веће масе зову се MXRB (*Massive X-ray Binary*). Половину ових звезда чине X пулсари (пулсари X-зрачења). Орбитални периоди су им од 21 - 581 дана. чак и кад не преплављују Рошов овал, јаки звездани ветрови могу да произведу трансфер материје довољан за стварање X-зрака. Ови системи су производ нормалне еволуције двојних система док *LMXB* може да настане и гравитационим заробљавањем.

Када се роди, усамљени пулсар има јако магнетно поље. Оно му током живота успорава ротацију. Такође и само слаби. На крају он ће се угасити. Међутим, ако се пулсар налази у ТДС-у, претакањем масе са пратиоца преко акреционог диска, његова маса се повећава као и момент импулса. Ако је акреција довољно спора, магнетно поље пулсара ће ослабити толико да се он убрзава до фантастичних брзина и поново почиње да емитује радио зраке. Двојни пулсари су дали и потврду Ајнштајновој општој теорији релативности која предвиђа да ће убрзана масивна тела емитовати гравитационе таласе. Ови таласи ће попут светлости односити енергију из тела која их емитују што доводи до промене орбите два масивна тела која круже једно око другог. Овај ефекат је запажен код система PSR 1913+16.

Закључак

Када је у питању усамљена звезда, њена еволуција зависи од масе са којом се она роди и њен пут се мање више зна од почетка па до краја њеног живота. Међутим, када имамо звезду у двојном систему, њен живот није тако једноставан и праволинијски. Како ће она завршити у многоме зависи и од њеног пратиоца као и од њене почетне масе. Као што смо видели, звезде у тесно двојним системима могу завршити своје животе на спектакуларан начин и свакако, еволуција звезда у ТДС-у нам пружа много више занимљивости него еволуција усамљене звезде.

Литература

1. Вукићевић-Карабин, М. и Атанацковић-Вукмановић, О., Општа астрофизика, 2004, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд
2. Carroll, Bradley W, Ostlie, Dale A, An introduction to modern astrophysics, 1996, Addison-Wesley publishing company

Овај семинарски рад урађен је под руководством доц. др Д. Урошевића и асистента мр Д. Илић, школске године 2006/07.

Closed binary system –

Jovana Mišić

This is a review of close binaries written for educational laymen.



- тежина проналажења 2 (од 5)
- минимална апертура око
- каталошка ознака NGC 7089
- врста објекта глобуларно јато
- тип класа II
- удаљеност 40,850 св. год.
- пречник 190 св. год
- сазвежђе Aquarius
- рект. 21h 33.5min
- декл. –0° 49'
- магнитуда 6.4
- привидни пречник 16'
- проналазач Maraldi, 1746


Голбуларно јато М2 (љубазношћу: NASA/STScl)

М2 - збијено јато

Историја

Глобуларно јато, М2 први пут је посматрано 11. септембра 1746. године. Заслужан за откриће је Жан-Доминик Маралди (*Jean-Dominique Maraldi*), мада је мета његовог посматрања те вечери била комета коју је раније те године открио де Шезо (*de Chéseaux*). Маралди је објекат описао као „округао, јасно дефинисан и сјајнији ка центру, пречника око 4' - 5', без звезда у својој околини, у целом видном пољу телескопа. Ово ми је било веома чудно, јер су магличасти објекти углавном окружени звездама слабог сјаја које очигледано својом масом и сјајем утичу на саму маглину”.

Шарл Месије, 14 година након Маралдијевог посматрања поново „открива” М2 када се једне ноћи бавио ловом на комете. Сазнавши да је Маралди први посматрао овај објекат, Месије му признаје првенство у открићу. Интересантно је да га је у свом посматрачком дневнику описао готово на исти начин како је то учинио и Маралди.

Године 1779. године, Вилијем Хершел М2 описује као „јато веома збијених, изузетно малих звезда”. Његов син, Џон, поредио је М2 са „хрпом песка” и додаје „телескопом од 9 инча у стању сам да видим појединачне звезде. Веома лепо јато, са звездама 12, 13 и 14 величине очигледно сферно распоређене, посматрано ка центру, сјај јата расте и претвара се у бљесак светлости”.

Астрофизика

Глобуларно јато М2 се налази на удаљености од 40 850 светлосних година. Састоји се од око 1 550 000 звезда укупне масе око 900 000 маса Сунца док је пречник јата 190 светлосних година. Од свих глобуларних јата у Месијеовом каталогу М2 је „најгушће”, што га сврстава у класу II[1]. Ово јато садржи 30 познатих промењљивих звезда (класа *RR Lyrae*, *W Virginis* и *RV Tauri*), прву од њих је открио 1895. године Бејли (*Solon Irving Bailey*).

---

[1] Класификацију глобуларних јата урадили су Шепли и Сојер (*H. Shapley and H.B. Sawyer*) класификација се састоји од римских бројева у распону од I (најгушће глобуларно јато) до XII (најразуђеније глобуларно јато).

Класе I, II и III - видљива велика густина звезда у централном делу са халоом чији сјај опада у функцији удаљености од центра

Класе IV, V и VI - још увек уочљива велика централна густина звезда са уочљивим знацима растурања

Класе VII, VIII и IX - густина звезда унутар јата је хомогена и без контраста

Класе X, XI и XII - површински сјај јата је хомоген без уочљивог груписања звезда у централном делу јата

УДК - 524.883

Тамара Богдановић,

Квази-звездани објекти

Развој радио-астрономије у другој половини четрдесетих година једно је од најзначајнијих научних достигнућа двадесетог века. Пре развитка овог дела астрономије, сва знања о пространствима свемира потицала су из посматрања у видљивом делу спектра. Радио-телескопи омогућили су поглед у васиону на таласним дужинама далеко од оптичких. Многа неочекивана и изненађујућа открића појавила су се упоредо са могућношћу испитивања дотле невидљивог свемира.

„Боже, радио-звезда!"

У лето 1960. године млади радио-астроном са Калтеха (*Caletch*) дошао је у опсерваторију Маунт Паломар (*Mount Palomar*) у Калифорнији и обратио се Алену Сендицу (*Allan Sandage*) са предлогом да му помогне око идентификације још необјављених радио-објеката. Сендиџ га је одушевљено прихватио. Име младог радио-астронома било је Том Метјуз (*Tom Mattxews*).

Током посматрања у августу и септембру Сен-диџ је управио Паломарски телескоп пречника 200 инча на извор 3C 48 у сазвежђу Троугла (*Triangulum*). Метјуз је упоредио развијену фото-плочу са локацијом радио-извора. Координате су се поклопиле на слабашној тачки шеснаесте магнитуде. Звезда до сада никада није била радио-извор. Предао је фото-плочу Сендицу неколико дана ка-сније уз коментар: „Боже, радио-звезда!"

Требало је утврдити астрономску природу ове „звезде". То је неизбежно укључивало мерење спектра зрачења звезде. Извор 3C 48 је дао неочекиван спектар - зрачио је невероватне количине енергије у плавом и ултраљубичастом делу спектра. Пошто је затим снимио детаљан спектар 3C 48, Сендиџ је закључио да се снимљене спектралне линије не поклапају ни са једним скупом спектралних линија познатих елемената. Таласне дужине снимљених спектралних линија изгледале су као отисци прстију непознатих елемената. Сендиџ је такође открио да сјај 3C 48 варира и до 50% у току 24 часа. Знало се да тако може варирати сјај звезда, али не и галаксија. Била је то заиста чудна „звезда". Први пут је о открићу „радио-звезде" објављена вест у „*Say and Tell*", марта 1961, у виду саопштења, изван предвиђеног дневног реда са 107. скупа Америчког астрономског друштва, одржаног од 28. до 31. децембра 1960. године.

Друга таква „звезда" била је откривена 1962. године када су астрономи са Аустралијске националне радио-опсерваторије посматрали објекат 3C 273. Искористивши помрачење извора Месецом, који је у датом тренутку блокирао радио-извор, одредили су тачну позицију извора, а затим га потражили међу познатим, оптичким изворима. Као и у случају 3C 48, спектар је садржао низ сјајних линија које нико није могао да идентификује.

Мартин Шмит (*Maarten Schmidt*) је био на прагу да одустане од дешифровања бизарних линија 3C 273, када је препознао већ много пута виђен низ линија водоника. Једина разлика била је што су се линије водоника налазиле на „погрешном" крају спектра, у црвеном делу. Израчунати црвени помак дао је вредност $z = 0.16$, линије су биле померене за 16% у односу на своју лаболаторијску таласну дужину. То је значило да „звезда" од нас „лети" брзином 47 000 *km/s* и да је удаљена више од 1.5 милијарди година. Био је то најсјајнији и најдаљи објекат у свемиру. Убрзо се показало да 3C 48 има црвени помак од чак 37%, односно брзину од чак једне трећине брзине светлости и да је удаљен 4 милијарде година.

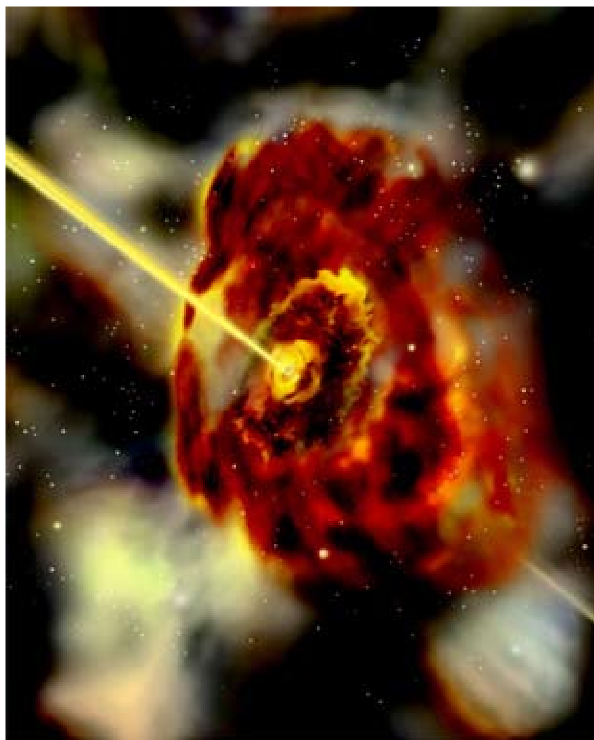
У Пасадени се муњевито прочуло да је нешто заиста несвакидашње пронађено. Шмит је дошавши кући, на несавршеном енглеском жени рекао да се нешто „ужасно" десило. Тада је схватио да је у ствари хтео да каже „предивно".

Листа објеката се продужила. Добили су име квази-звездани радио-извори (енгл. *quasi-stellar radio sources*), које су Насини (НАСА) физичари, на опште незадовољство, скратили на „квазари". Касније, са сазнањем да нису сви објекти класе јаки радио-извори, име је промењено у квази-звездани објекти. У овом чланку усвојићемо конвенцију да термин квазар представља читаву класу објеката (енгл. *quasi-stellar objects*, акроним *QSO*).

На опсерваторијама је завладала права златна грозница. Многи астрономи постали су вешти ловци на квазаре. Прескакали су једни друге постављајући рекорде у црвеним помацима. Метјузов 3C 273 постао је најближи, односно најмлађи квазар.

Где квазари живе

Квазари морају бити веома сјајни објекти с обзиром на чињеницу да их можемо видети уп-



Квазар, уметничка визија

ркос великим даљинама на којима се налазе. Процењује се да „златно доба" квазара датира из периода када је свемир био четири пута млађи. То би уз актуелну претпоставку о старости свемира од тринаест милијарди година значило да светлост од квазара ка нама путује 10 и више милијарди година.

За ове сјајне објекте се дуго веровало да су сјајна језгра активних галаксија. Такву сумњу је пробудио магличасти траг на фотографијама неких од квазара, који је тумачен као распрострти материјал слабог сјаја који би могао припадати матичној галаксији квазара. Осамдесетих година астрономи су добили спектар окружења квазара, био је то апсорпциони спектар звезда, препознатљива лична карта галаксије. У сваком од случајева, апсорпционе линије галаксије имале су исти црвени помак као и емисионе линије квазара[1]. То је додатно утврдило претпоставку да су растојања квазара одређена њиховим црвеним помацима, у складу са Хабловим (*Hubble*) законом. Уколико би за црвени помак био заслужан неки други механизам, а не кретање, квазар и матична галаксија имали би различите помаке.

Матичне галаксије квазара је тешко посматрати. Прва тешкоћа настаје већ при посматрању галаксија са црвеним помаком већим од 0.5. Сјај галаксија са порастом растојања од нас привидно опада и галаксију је тешко „видети". Ситуацију још више отежава постојање врло сјајног језгра које надјачава сјај галаксије. Пример за то је процена сјаја просечног квазара на ~ 10^{40}W, док је за нашу галаксију та вредност ~ 10^{37}W. Такође је утврђено да се у масивнијим галаксијама налазе масивнији квазари, веће луминозности.

Посматрања су ипак омогућила да се утврде неке основне особине матичних галаксија. Радио-тихи квазари претежно су регистровани у спиралним галаксијама, а радио-гласни у елиптичним . За нашу космичку епоху нису карактеристични квазари, а постоји и тенденција опадања броја са временом како квазара, тако и елиптичних галаксија. У младом космосу материја је била довољно густа за формирање сјајних елиптичних галаксија у већем броју. У таквим галаксијама би се у неком тренутку еволуције „пробудио" врло моћни квазар, који би емитовао јак нетермални спектар у радио-домену. У мање импозантним спиралним галаксијама, са мањом масом и мањим сјајем, карактеристичним за хладнији свемир, аутоматски је мање горива неопходног квазару. Овакав квазар, стављен на дијету, неће давати раскошан ватромет у радио-домену.

Многе од галаксија имају блиске суседе, што указује на везу интеракција и стапања галаксија са постојањем квазара. Претпостављало се да баш у овим интеракцијама квазари обезбеђују своје залихе енергије, прождирући гас своје и суседне галаксије. Астрономи су конкретне одговоре очекивали од Хабловог сателитског телескопа, који је требало да са побољшаном резолуцијом у оптичком делу спектра пружи нове, видљивије доказе ових интеракција. Ипак, бржи одговор дошао је из радио-домена, са *VLA* (*Very Large Array*) радио-телескопа. Почетком 1999. године нови радио-снимци матичних галаксија квазара показују да, иако галаксије изгледају нормално у оптичком домену, њихов гас показује знаке јаке интеракције са другим галаксијама.

Ово је први пут да је снимљен неутрални атомски водоник у близини матичних галаксија квазара. Значај је у томе што је у сваком галактичком окружењу гас компонента која се лакше поремети, и треба му више времена да се врати у нормалан положај након интеракције. *VLA* може снимати гас у таквим галаксијама, јер је осетљив на таласне дужине које емитују водоникови атоми.

„То је оно у шта су теоретичари веровали годинама, али чак и најбољи снимци оптичких телескопа, укључујући и Хаблов, нису успели да дају директан доказ интеракција са другим галаксијама у мноштву случајева", рекао је Џереми Лим (*Jeremy Lim*) са Института за астрономију и астрофизику у Тајпеију, Тајван.

---

[1] У спектрима квазара је након њиховог открића, шездесетих година, запажено мноштво апсорпционих линија чији је црвени помак био другачији од црвеног помака емисионих линија квазара. Ове апсорпционе линије не потичу од матичне галаксије квазара, већ се сматра да потичу од вангалактичког апсорбера са мањом космолошком брзином.

Хранећи чудовиште

Објекти различитих назива - квазари, блазари, језгра Сајфертових и радио-галаксија припадају истој класи објеката названим активна галактичка језгра (*Active Galactic Nuclei*, акроним *AGN*) зато што деле основне карактерисике: веома мале просторне димензије језгра на галактичкој скали, луминозност језгра реда величине или већу од галактичке и емисију зрачења у деловима спектра где звезде мало, или нимало зраче. Поред тога, многи *AGN* објекти показују доказе релативистичког кретања. Негде унутар сваког објекта мора постојати систем способан да обезбеди огромне количине енергије. Због толико набројаних сличности верује се да је „централни покретач" свих ових објеката изграђен по истом принципу.

Шта год чини централни извор, скоро сигурно мора имати велику масу. За ову претпоставку постоје два аргумента. Први је, пошто сила потиска зрачења опада са квадратом растојања од извора, на исти начин као и супротно усмерена сила гравитације, могуће је проценити критичну луминозност по јединици масе испод које једна гравитациона структура која зрачи више не би постојала. Та гранична вредност зове се Едингтонова (*Eddignton*) луминозност и износи приближно 4×10^4 у јединицама Сунчеве луминозности по Сунчевој маси. Одатле се може проценити и маса централног извора на основу познате луминозности.

Шта је тако велике масе довело близу центра галаксије? Астрономи верују да је основни извор снаге активног галактичког језгра акреција материјала диска у релативистички дубоке потенцијале масивне црне рупе. Иако густи скуп неутронских звезда не може бити искључен, ипак је мање вероватна могућност. Пошто су типична активна галактичка језгра мања од 1 светлосног дана (како варијабилност указује), онда би овакав скуп био толико густ да би судари звезда изазвали колапс у црну рупу за мање од процењеног минимума живота квазара.

Принципијелна загонетка у довођењу маса тако близу центру галаксије је губљење угаоног момента материје. Гас, пореклом из гравитационе интеракције са суседном галаксијом смешта се у једну раван и спиралном путањом лагано утиче у ротирајућу црну рупу. Проблем је описати механизме који ефикасно поништавају велике вредности момента импулса. Због овог разлога се сматра да материјал стиже до црне рупе дуж трајекторија на којима има минималну могућу потенцијалну енергију за дату вредност угаоног момента. Ове трајекторије заједно формирају диск.

На великим растојањима од центра вероватно је да глобални поремећаји у гравитационом пољу поништавају део угаоног момента материје. На малим растојањима преклапање рубова суседних прстенова диска изазива трење и спори померај угаоног момента ка спољним орбитама.

Енергија може бити ослобођена и трансформисана у зрачење на много начина. Унутар диска трење изазива „премештање" момента импулса, као и локално загревање. Извор енергије је у спором паду материјала у гравитационо поље централног објекта. Створена топлота ослобађа се топлотним зрачењем. Због највеће гравитационе потенцијалне енергије у унутрашњим прстеновима диска, унутрашњи регион зрачи највећом снагом и његова температура (~ 10^5K) условљава зрачење већине фотона у ултраљубичастом делу спектра. Нетермални механизми зрачења су такође могући. Акрециони диск је прожет магнетним пољем и брзине материје унутар њега су суперсоничне. Може се онда претпоставити да се диск налази у веома топлој и транспарентној корони, сличној соларној. Магнетне линије сила се увијају и сабијају током кретања диска и то највероватније доводи до акцелерације релативистичких наелектрисаних честица, за које се сматра да емитују X-зрачење и γ-зрачење, карактеристично за центре активних галаксија.

У односу на особине захтеване за централни извор, масивна црна рупа одговара боље од иједног предложеног модела. Веома велики сјај може бити произведен са утрошком минималне масе гаса као, горива. Велике количине енергије настале услед велике дубине гравитационог потенцијала учествују у креацији релативистичких честица које зраче у широком домену фреквенција.

Отисци прстију квазара – емисиони спектар

Двадесет пет хиљада светлосних година далеко, у сазвежђу Стрелца, језгро наше галаксије лежи зарођено у гас и прашину. Гледајући кроз прашину инструментима осетљивим на инфрацрвено и радио-зрачење, астрономи су се нашли пред бизарном сценом. Облаци јонизованог гаса, загревани ултраљубичастим зрачењем кружe око црне рупе са масом од милион Сунаца. Импресивна сама по себи, ова слика је само блага визија дешавања посматраних у моћним активним језгрима других галаксија. Црпећи своју енергију из извора не већег од Сунчевог система, најсјајнија активна галактичка језгра су далеко сјајнија од својих галаксија са стотинама милијарди звезда. Њихово зрачење се јавља у целом електромагнетном спектру у облику континуума и емисионих линија. Континуум, са енергијом распоређеном по свим таласним дужинама, израчен је од диска врелог гаса који орбитира око црне рупе.

Емисионе линије појављују се на дискретним таласним дужинама у инфрацрвеном, оптичком и ултраљубичастом домену, репрезентујући фотоне светлости емитоване од атома врелог јонизова-



Мартин Шмит је решио мистерију спектара квазара

ног гаса. Положај облака, хемијски састав, физички услови и кретање могу бити изведени из посматрања и теоријске анализе. Такве информације могу помоћи у налажењу одговора на следећа питања: Да ли активна галактичка језгра заиста садрже црне рупе? Да ли енергија настаје из гаса који пада у црну рупу? Шта је извор гаса?

Квазари, тачкасти оптички ликови радиоизвора, препознатљиви су по широким емисионим линијама са великим црвеним помаком, јаком емисијом у *UV* делу спектра, као и по изразитој промењивости оптичког дела спектра. Најсјајнији квазари имају луминозност до $10^{14}L_\odot$, где је $L_\odot$ означава луминозност Сунца. Карактер континуума и емисионих линија активних галактичких језгара сачуван је у оквиру читавог спектра.

Разликују се две врсте линија квазара (и уопште AGN објеката) у односу на профил линије. Профил описује како се интензитет зрачења у линији мења са растојањем од центра линије. Ширина профила даје информацију о брзини гаса у различитим деловима емитујућег региона. Спектри квазара типично имају комбинацију широких линија, са ширином до 10 000 *km/s* и уских линија са ширинама до 1000 *km/s*. Ове линије потичу из различитих области језгра. Широке линије - од облака густог гаса који се великим брзинама крећу око централног извора, док уске линије потичу од удаљенијих облака, са мањим брзинама и мањим густинама.

Релативни интензитети уских линија потсећају на планетарне маглине. Из односа интензитета одређених парова линија могу се добити температура и густина средине. Типичне вредности су $T \approx 1 - 2\times10^4\,K$ и $H \approx 10^3 - 10^6\,cm^{-3}$. Елементи имају широк распон степена јонизације, од O^0 до Fe^{+9}.

Област гаса која емитује уске линије обично се налази на неколико стотина светлосних година растојања од извора континуума. Емитујући облаци попуњавају само мали део запремине. Маса гаса-емитера уских линија процењена је $M \sim 10^5\,M_\odot$ и само је мали део укупне масе звезда у тој области. На основу асиметрије профила линије (неједнаки сјај црвеног и плавог крила) може се закључити да се гас креће од квазара. На основу неких посматрања може се претпоставити да се гушћи гас креће већим брзинама.

Широке линије настају недалеко од центра језгра. Да ли њихова брзина у ствари претставља неко од кретања у близини црне рупе? Да ли се његово кретање може искористити за „мерење" црне рупе?

Гас, емитер широких линија је веома густ у односу на типичне густине маглина. Одсуство неких забрањених емисионих линија указује на велику вероватноћу сударне деексцитације, карактеристичне за средине са високом концентрацијом честица, и процењено је $H \sim 10^9\,cm^{-3}$. Гас на овим густинама ефикасно зрачи, тако да је и количина гаса од неколико маса Сунца довољна за настанак широких линија.

Настанак и интензитети линија објашњавају се моделом фотојонизације: емисиони облаци састоје се од спољашњег слоја високо јонизованог ултраљубичастим (*UV*) зрацима и унутрашњег слоја високо јонизованог х-зрацима. Ови облаци затим емитују Балмерове линије, водоников континуум и низ других линија. Профили линија, посебно њихова симетричност, указује на елиптично или кружно кретање гаса. Када би се радило о праволинијском „падању" гаса или његовом „истицању", линије би биле несиметричне због веће ширине црвеног, односно плавог крила линије, респективно. Једна од претпоставки је да емисионе линије не потичу од облака, већ гасног акреционог диска од хоризонта црне рупе до радијуса већег од 1 светлосне године. (Хоризонт или граница црне рупе масе $10^8\,M_\odot$ има радијус величине Земљине орбите око Сунца.)

Квазари (и *AGN* уопште) били су откривени детекцијом „вишка" зрачења у плавом и *UV* делу спектра, у односу на спектар „нормалних" галаксија. Исто тако уобичајена је и детекција вишка зрачења у инфрацрвеном (*IC*) делу спектра. Оно се може јавити из два разлога. Извор енергије језгра може емитовати нетермални спектар који се може посматрати у *IC* домену, или емитовано зрачење овог извора може бити апсорбовано од околне међузвездане прашине и реемитовано термално у *IC* делу спектра. У првом случају велики део укупне луминозности извора зрачи се у *IC* домену, и одатле се могу сазнати основни процеси који се збивају у језгру. У другом случају међузвездана материја је променила излазни спектар на апсорбованим таласним дужинама, и обично су то линије у плавом

и *UV* делу. Такав спектар носи информацију и о извору енергије (неапсорбовани део) и међузвезданој средини (реемитовани део).

За емисију *X*-зрачења се сматра да потиче у областима које су веома близу извору енергије. Овај закључак заснован је на посматрањима која показују да се најбрже промене сјаја са временом дешавају баш у x-домену. До сада је примећено да сјај највећег броја активних језгара (>50%) варира са периодом мањим од 1 дана и то само у x-домену. Основни принцип узрочности (каузалности) намеће закључак да је најкраћи временски интервал, у оквиру кога сјај објекта може да варира $\delta t \sim D/c$, где је *D* димензија објекта у правцу посматрања, а *c* брзина светлости. Процена димензија овакве емисионе области даје $D < 1$ светлосног дана, што потврђује претпоставку да x-зрачење заиста долази из малог централног региона активног језгра.

Многе активне галаксије производе парове млазова - два колимисана снопа материје кроз које гас и енергија напуштају моћни централни извор и стижу до спољашњих делова галаксије. Млазеви се завршавају радио-сјајним крилима. Широко прихваћена претпоставка је да су млазеви већине активних извора нормални на централни акрециони диск. Скоро све информације о млазевима и крилима долазе из посматрања у радио-домену. Радио-структура је обично десетак пута већа од структуре активне галаксије виђене у оптичком делу спектра, и димензије јој варирају од 10 *kpc* до 1 *Mpc*. Спектар и поларизација радио-емисије показују да је механизам зрачења кохерентна синхротронска емисија, пореклом од релативистичких електрона који се крећу у магнетном пољу.

Апсорпциони спектар

Како светлост путује од удаљеног квазара ка нама, делимично је апсорбована од стране галаксије, или неког међугалактичког облака гаса. Препознатљиви знак такве интеракције су апсорпционе линије суперпониране на спектар квазара (континуум плус широке емисионе линије). Апсорпционе линије, уколико не потичу од матичне галаксије квазара, имају мањи црвени помак од емисионих линија квазара, због мање космолошке брзине апсорбера. У том смислу квазаре је могуће користити као „позадину” при проучавању еволуције мање луминозних објеката, који и сами имају велики црвени помак.

Одсуство апсорпционих линија у спектрима многих квазара указује на облаке гаса и прашине распоређених прекидно и до растојања од неколико радијуса галаксије која је пребивалиште квазара. Димензије ових апсорбера могу се пронаћи из промена идентичних апсорпционих линија у спектру парова квазара, који су привидно двојни, или из разлика у спектру квазара умноженог гравитационим сочивом. Типичне димензије добијене на овај начин су реда величине 10 *kpc*.

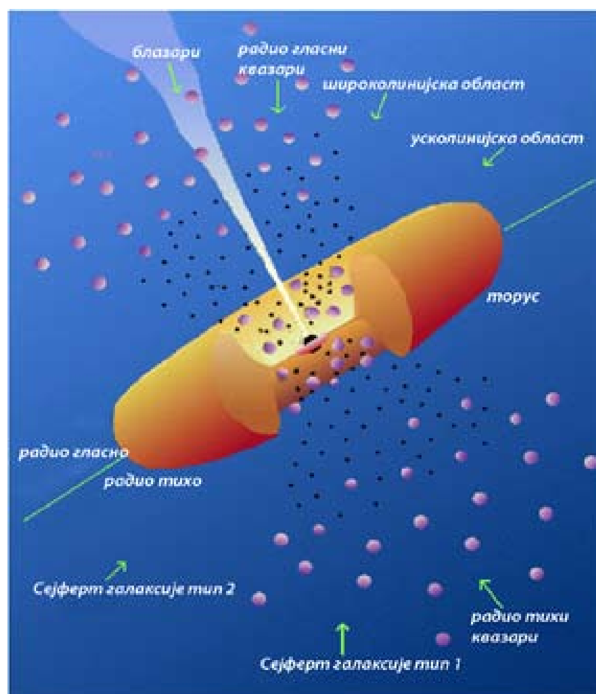
Унификациона шема

Основна идеја унификационе шеме је да су радио-галаксије, квазари, блазари и Сајфертове галаксије иста врста објеката виђених из различитих праваца, у различитим ступњевима еволуције, са различитим унутрашњим особинама. Очигледно је да више објеката различитог типа поседује особине карактеристичне за *AGN* објекте. То су сјајно језгро, снажна радио-крила, или јаке емисионе линије.

Блазари (*BL Lacertae* или *BL Lac* објекти) су елиптичне галаксије са веома сјајним језгрима, која емитују веома промењиво радио-зрачење. Промене су тако изразите да је први откривени објекат ове класе првобитно идентификован као промењива звезда и зато и добио ознаку промењиве звезде, *BL Lac*. Емисионе линије језгра нису примећене, тако да је растојање до *BL Lac* објеката процењено из звезданог апсорпционог спектра који припада елиптичној галаксији.

Радио-галаксије дају снажну радио-емисију, која претежно потиче из огромних радио-крила придружених оптичкој слици галаксије. Сами радио-извори, од краја до краја млаза, могу бити џиновских размера.

особина	квазари	Сејферт галаксије	радио галаксије	блазари
тип галаксије	спиралне, елиптичне	спиралне	џиновске елиптичне	елиптичне
изглед	компактан, плавичаст	компактан, светло језгро	елиптичан	светле, звездолике
максимална луминозност	100 - 1000 × $L_{\text{Млечни пут}}$	као сјајне спиралне галаксије	јако радио зрачење	10 000 × $L_{\text{Млечни пут}}$
спектар	нетермални	нетермални	нетермални	нетермални
апсорпционе линије	да	не	да	не
промењивост	дани - недеље	дани - недеље	дани	часови
радио-емисија	понекад	слаба	јака	јака



Активно галактичко језгро (АГН).

Према класификационим особинама Сајфертове галаксије имају мала, оптички сјајна језгра и јаке емисионе линије у оптичком спектру. Њих емитују облаци врелог, јонизованог гаса, који указују на постојање извора јаког *UV* зрачења у центру галаксије. Већина Сајфертових галаксија производи јачу радио-емисију него нормалне галаксије. Ипак, радио-луминозност типичне Сајфертове галаксије износи само 0.1-1% радио-луминозности радио-галаксије или радио-гласног квазара.

Унификациона шема предлаже модел објекта који има компактно, сјајно језгро у центру, што је највероватније супер-масивна црна рупа. Из језгра избијају симетрични и колимисани снопови материје са више или мање проширеним и сјајним радио-крилима. Нормално у односу на осу симетрије објекта, која пролази кроз снопове и језгро, језгро опасује облак прашине и гаса који апсорбује зрачење језгра и реемитује га у *IC* делу спектра. Тада би поглед у различитим тренуцима еволуције објекта, из различитих праваца давао привидно различите објекте.

Гледано у правцу осе симетрије, или под малим углом у односу на осу, видео би се просторно распрострт хало, пројекција радио-крила на сјајно језгро. Због посматрања директно у конус снопа извор изгледа много сјајнији, а сјај му се мења брзо и у оквиру великог интервала вредности, што је последица релативистичког кретања материје у снопу, као и њеног неравномерног, импулсног избацивања у радио-крила објекта. Оваквим предвиђањима унификационе шеме одговарају блазари.

Под мало већим углом у односу на осу симетрије могли би се приказати квазари. Из ове перспективе се види сјајно компактно језгро, асиметрични џетови (најчешће само један), као последица кретања материје ка нама, односно од нас. „Поцрвењење” у спектру појединих квазара, услед апсорпције зрачења језгра и његове реемисије, може се објаснити интервенцијом облака прашине или гаса на једном делу дуж правца посматрања.

Радио-галаксије би тада представљале модел објекта посматран око правца нормале на осу симетрије објекта. Тада би се видела скоро симетрична радио-крила галаксије, пројектована на правац нормалан на правац визуре. У таквом светлу Сајфертове галаксије заузеле би место мање сјајног рођака квазара и радио-галаксија посматраног кроз облаке гаса и прашине.

Употребом *VLBI* (акроним од *Very Large Base Interferometry*) технике посматрања крајем седамдесетих година показало се да три радио-гласна квазара и једна Сајфертова галаксија имају суперлуминалне брзине материје у џетовима. Прихваћено објашњење овог феномена базирано је на релативистичком кретању у радио-млазу који је усмерен ка посматрачу. Материја која се креће брзином приближном брзини светлости у правцу блиском правцу посматрања скоро сустиже своје зрачење. Временски интервали су згуснути, стварајући илузију да трансверзалне брзине превазилазе брзину светлости. Овај модел релативистичког кретања у снопу је привлачан, пошто у контексту унификационог модела објашњава и привидну асиметричност млазова, као и веома сјајно језгро у суперлуминалним системима на које је у облику халоа пројектовано радио-крило блазара или радио-гласног квазара. Појачање сјаја језгра, као и привидна асиметрија млазова резултат су Доплеровог (*Doppler*) ефекта, услед релативистичког кретања материје. Материја и зрачење који се у млазевима крећу ка нама привидно су сјајнији од материје и зрачења који се у млазевима крећу од нас. Услед пројекције на језгро млаза који је усмерен ка нама привидни сјај језгра је веома појачан.

Квазари и еволуција галаксија

Уз основну идеју да се квазари налазе у галаксијама појавило се још много питања. Да ли се квазари појављују у групама или јатима галаксија? Какви су физички услови у групама и јатима галаксија? Шта може да се уочи о формацији и еволуцији квазара на основу њиховог окружења? Да ли просторна расподела квазара носи сазнања о структурама великих димензија и еволуцији самог универзума? У налажењу одговора на нека од ових питања било је напретка, а нека још увек чекају одговоре.

Прва посматрања квазара заснивала су се на побољшању резолуције како би се што боље уочила сложена структура квазара и открила природа магличасте емисионе области. Током тог периода који је доказао космолошку природу црвеног по-

мака, примећено је да су квазари са малим црвеним помацима често придружени оближњим галаксијама, од којих су неке изгледале као да интерагују са квазаром. Иако квазари на тим помацима нису нађени у јатима галаксија, често су се појављивали у групама. Ускоро је постало јасно да су квазари светионици структуре универзума који се налазе на растојањима значајно већим од оних на којима можемо посматрати галаксије. Светлост путује од таквих квазара више од три четвртине старости свемира, пружајући шансу за проучавање еволуције структуре и то сазнање може бити одлучујуће за неку од различитих теорија.

Посматрање галаксија у окружењу квазара није лаган посао због велике разлике у њиховој луминозности и облику: квазар има језгро и до сто пута сјајније од просторно распрострте галаксије, чији је сјај често близак сјају ноћног неба. Развој *CCD* камера, које имају високу квантну ефикасност и велику стабилност био је кључни напредак у овом пољу. И поред тога, са данашњом генерацијом телескопа, јако је тешко детектовати матичне галаксије за помаке $z > 0.6$, али то је област у развоју.
Интересовање за формације квазара је од двојаког интереса:

- Просторна расподела квазара и њихова повезаност са галаксијама носи информацију о процесима и условима који доводе до настанка формација квазара. Квазари могу бити посматрани на довољно великим помацима да покрију велики део еволуције универзума.
- Осим тога квазари садрже и информацију о расподели материје у свемиру и дају нам једине доступне податке о томе како су структуре великих димензија еволуирале. Овакве информације су од великог значаја за космологију и теорије галактичких формација.

Тема о окружењу квазара и расподели у простору је још увек отворена и резултати нису дефинитивни. Хаблов сателитски телескоп је до сада омогућио поглед у многе прошле епохе. Последње информације указују да је број квазара достигао свој максимум између друге и четврте милијарде година након Великог праска (*Big Bang*), што се делимично поклапа са златним добом формација звезда.

Астрономи се надају де ће веза студије о квазарима и проучавања дубоког свемира уродити плодом и решити неке од мистерија везаних за ову значајну епоху, када је свемир који данас познајемо био у активној изградњи.

Литература:

1. Maran, S.P. (ed): 1991, The Astronomy and Astrophysics Encyclopedia, Van Nostrand Reinhold (New York), Cambridge University Press.
2. Kauffmann, W.J. : 1996, Universe, W.H.Freeman& Company, New York.
3. Overbye, D. : 1991, Lonely Hearts of The Cosmos, Harper Collins Publishers.
4. Voit, M.G.: Sky & Telescope, May 1999.
5. www.aoc.nrao.edu/pr/quasars.html
6. www.stsci.edu/stsci/meetings/shst2/node13.html

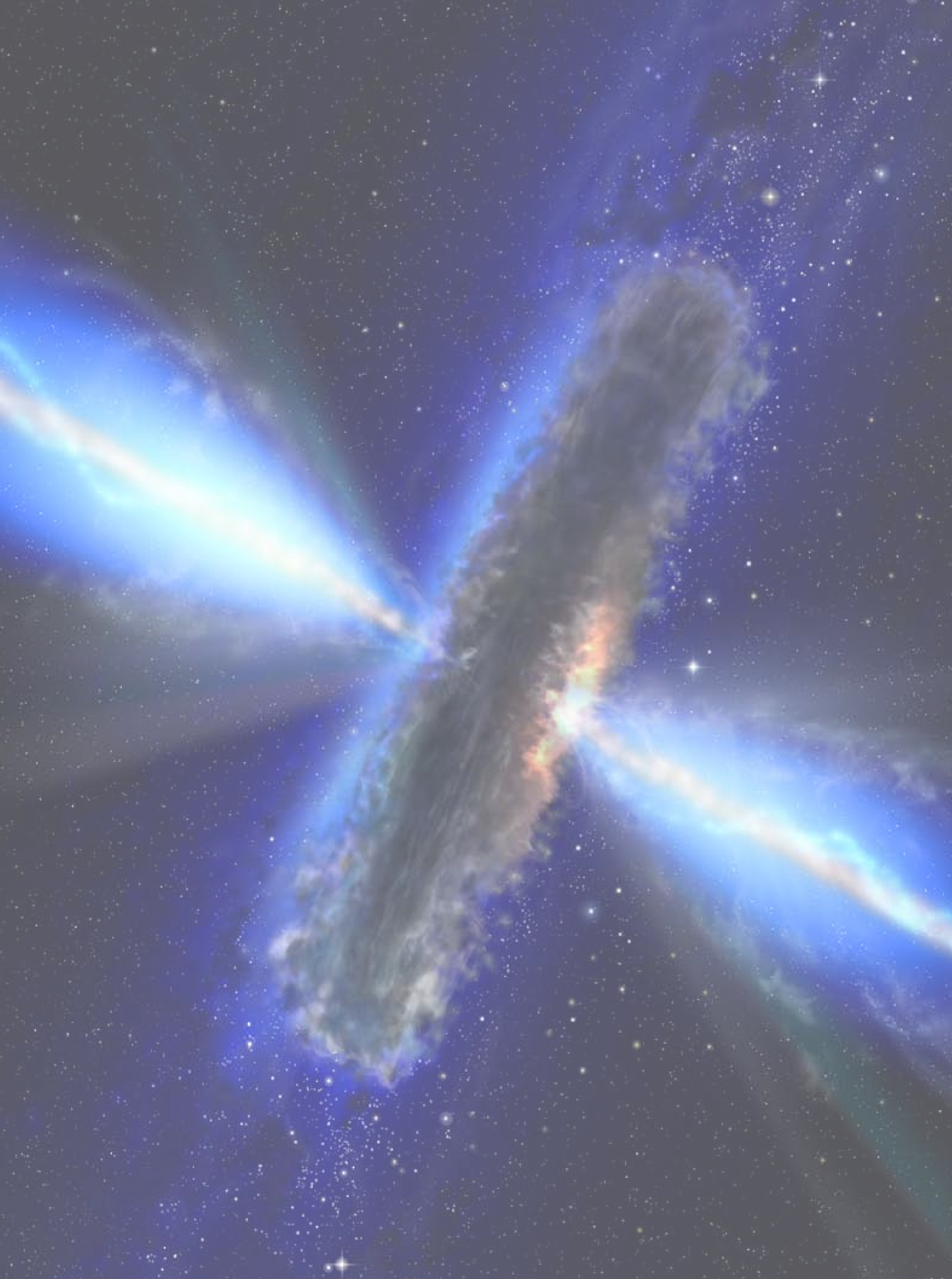
Чланак је писан шк. године 1998/1999 под руководством проф. др Јелене Милоградов-Турин, у оквиру предмета Методика и историја наставе астрономије. Захваљујем се својим колегама Мирославу Мићићу и Милану Богосављевићу који су ми дозволили да користим њихов рачунар за потребе овог чланка.

Quasi stellar objects –

Tamara Bogdanović

This is a review of modern knowledge and some open problems on the quasi stellar objects.

Слика десно љубазношћу: ESA/NASA, AVO, Paolo Padovani (уметничка визија)




• тежина проналажења 2 (од 5)
• минимална апертура око
• каталошка ознака NGC 5272
• врста објекта глобуларно јато
• тип класа VI
• удаљеност 34,170 св. год.
• пречник 190 св. год.
• сазвежђе Canes Venatici
• ркт. 13h 42.2min
• декл. +28° 23'
• магнитуда 5.9
• привидни пречник 19'
• проналазач Messier, 1764

М3 - збијено јато

Историја

3. маја 1764. године, Шарл Месије је открио М3. Како је у дневнику посматрања записао „маглина, не садржи много звезда, у центру је светла и ка ободу се сјај смањује, округла је око 3' у пречнику”. М3 је заправо први објекат у каталогу који је заиста и открио Месије.

Праву природу овог објекта је уочио Вилијем Хершел (*William Herschel*) „прелепо јато звезда, 5' или 6' у пречнику”.

Џон Хершел (*John Herschel*) у свом дневнику је записао „величанствен објекат, преко 1000 звезда 11 магнитуде. Ка центру, сјај расте и претвара се у бљесак, много одбеглих звезда”.

Лорд Рос (*Lord Rosse*) у свом дневнику бележи „зраци се шире не све стране од централне масе, у којој се налази неколико малих рупа (празнина)”.

Кертис (*Curtis*) је на основу фотографија јата одредио пречник „централни део, веома лепог јата” на 8'.

Астрофизика

М3 је богато зведано јато са преко пола милиона звезда у свом саставу укупне масе 800 000 маса Сунца. Тренутна удаљеност овог јата је 34 170 светлосних година, али се због веома елиптичне орбите (ексцентрицитет 0.4) значајно мења удаљеност од галактичког центра (од 15 000 до 50 000 светлосних година) током орбиталног периода који траје 300 милиона година. Упркос великим променама удаљености од галактичког центра, М3 увек остаје унутар унутрашњег галактичког халоа. Најсјајнија звезда у јату је 12.7 магнитде, док је средњи сјај 25 најсјанијих звезда у јату 14.2.

Пикеринг (*William Henry Pickering*) 1889. године открива прву промењљиву звезду у јату, данас их је познато 274 а од њих су 222 промењљиве типа *RR Lyrae*. Због тако великог броја промењљивих звезда истог типа ово јато је изузетно захвално за детаљну калсификацију (поткласе RRab, RRc, RRd и RRd) звезда типа *RR Lyrae.* Интересантно је да је у овом јату пронађено доста младих плавих звезда, што није за очекивати у случају глобуларних – старих звезданих јата. Ове звезде се популарно називају „плави изданци” (*blue stragglers*) и највероватније су настале у не тако давној прошлости спајањем старих звезда малих маса у тесним двојним системима. Нова истраживања Маусингера и сарадника (*Meusinger et al.*) из 2001. године су показала да су неке од тих звезда уствари удаљени квазари. Показало се наиме, да је позадина овог јата изузетно богата квазарима (175 квазара је детектовано унутар 10 квадратних степени око М3).

Глобуларно јато М3 (љубазношћу: Hunter Wilson)

УДК - 52/82-343

Бранислав Вукотић
катедра за астрономију,
Математички факултет, Београд

Сазвежђа и грчка митологија

Увод

Називи и облици многих сазвежђа у тесној су вези са грчком митологијом. Грчка се налази на средњим географским ширинама северне полулопте. Због тога митологија народа ове земље говори о сазвежђима која се виде са тих простора. Живописни митови старих Грка олакшавају памћење имена, об-лика и међусобних положаја сазвежђа северног неба. Од бројних митова овде ће бити укратко изложени само они који повезују више сазвежђа или су међусобно повезани.

Група	Сазвежђа
Циркумполарна	Велики медвед, Мали медвед, Змај, Касиопеја, Цефеј
Јесења	Андромеда, Пегаз, Ован, Рибе, Кит, Водолија, Јарац
Зимска	Орион, Велики пас, Мали пас, Близанци, Кочијаш, Бик, Персеј, Крма, Рак
Пролећна	Волар, Девица, Лав, Хидра, Кентаур
Летња	Лабуд, Орао, Лира, Стрелац, Херкул, Змијоноша, Северна круна, Шкорпија, Вук, Вага

Табела 1. Сазвежђа о којима се говори у овом раду

Циркумполарна сазвежђа су она која никад не залазе и видљива су преко целе године. Постоје још јесења, зимска, пролећна и летња сазвежђа, која се најбоље виде у одговарајућим годишњим добима. Преглед ове поделе је дат у Табели 1, где су набројана само она сазвежђа која су повезана са митовима који ће бити изложени.

Митови о циркумполарним сазвежђима

По Грчкој митологији врховни бог на планини Олимп био је Зевс. Мит који следи, као и већина митова из старе Грчке, говори управо о њему.

По предању Зевс се заљубио у Калисто, лепу кћи Аркадског краља Ликаона и са њом добио сина Аркада. Калисто је била једна од пратиља богиње лова Артемиде. Артемида је, поред тога што је била изврстан ловац, много полагала на чедност. Када је сазнала за авантуру Калисте и Зевса, за казну је своју пратиљу претворила у медведицу и оставила је да лута по шумама. Када је одрастао, Аркад ју је једног дана у лову сусрео и убио не препознавши своју мајку у њој. У знак сећања на овај трагичан догађај Зевс је на небо поставио звезде у облику Великог медведа, (Калисто) а Калистин пас љубимац је добио место на небу у лику Малог медведа. Аркад је представљен као пролећно сазвежђе Волар. Зевсова жена Хера, бесна због Зевсове афере са Калистом, није дозволила „Малом и Великом медведу" купање у мору после напорног ноћног путовања. Тако је настала циркумполарна група сазвежђа. Сазвежђе Змај представља змаја Ладона. Ладон је син чудовишта Тифона и Ехидне. Прича каже да је Хера, као свадбени поклон за своје венчање са Зевсом, добила од Геје (Земља) златно јабуково дрво. Хера је поставила Ладона за чувара тог дрвета. Један од подвига јунака Хераклеа била је крађа златних јабука. Притом је Херакле морао да убије Ладона. Ожалошћена Хера је пренела лик змаја на небо.

Последњи мит везан за циркумполарни део неба говори о сазвежђима Касиопеја и Цефеј. Цефеј је био краљ Етиопије. Његова жена Касиопеја била је веома лепа, охола и пуна самољубља. Тврдила је да је лепша и од прелепих нимфи Нереида. То је



Слика 1. Приказ сазвежђа Андромеда

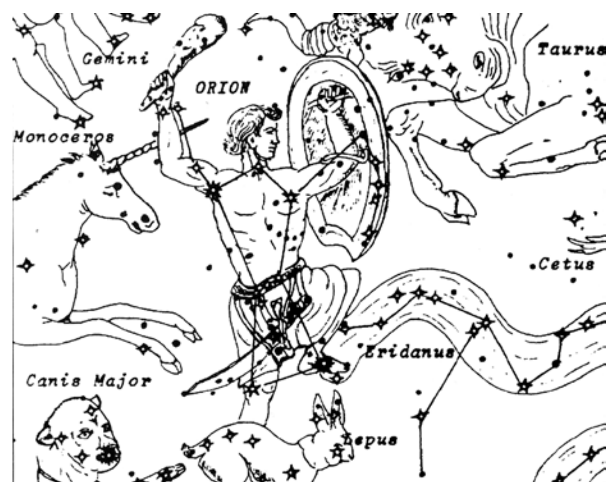
разљутило нимфе и оне су се пожалиле богу мора Посејдону. Посејдон је послао на Етиопију страшно морско чудовиште Кету, по коме је сазвежђе Кит добило име. Овај створ почео је да уништава краљевство и убија његове становнике. Краљ је затражио савет од Амоновог пророчишта у Либији. Савет је био да се чудовишту жртвује краљевска кћер Андромеда како би се краљевство спасло од уништења. Цефеј је, противно својој вољи, морао да попусти под огромним притиском поданика. Сироту Андромеду везали су за стену изнад мора. То је видео од богова послан јунак Персеј, на свом крилатом коњу Пегазу. Савладао је страшну неман Кету и ослободио Андромеду. У знак сећања на ове догађаје богови су људе и створења из ове приче поставили на небо. Из Табеле 1 се види да Андромеда, Персеј, Пегаз и Кит не спадају у циркумполарна сазвежђа.

Митови о јесењим сазвежђима

Андромеда (слика 1) и Пегаз припадају овој групи сазвежђа. Сазвежђе Ован везује се за мит о Фриксу и Хели. Њих двоје били су деца Атаманта, краља Беотије (данашње Атике) и његове жене Нефеле. Краљ је на двор довео другу жену, Инону. Због тога се Нефела наљутила и напустила га. Убрзо је Беотијом завладала стравична суша. Атамант је затражио савет од пророчишта у Делфима. Инона, која није волела Атамантову децу, поткупи гласнике и преиначи савет. Тако је, уместо првобитног савета, краљ сазнао да је једини начин за спас краљевства да Фрикс и Хела буду жртвовани боговима. Као и Цефеј, Атамант је морао да попусти под притиском свог народа. Да би спречио овај стравичан догађај, бог Хефест је послао крилатог овна са златним руном да избави краљевску децу. Тренутак пре него што су Фрикс и Хела требали да буду жртвовани ован је долетео до жртвеника. Деца су се грчевито ухватила за овново златно руно, после чега је ован полетео ка данашњој Грузији. Хела која није била довољно јака да се држи за руно успут је пала у море на месту које је добило име Хелеспонт (данашњи Дарданели). Фрикс је гајио овна до његове смрти после чега је овново руно однео у врт бога Ареја, где је овај поставио змаја да га чува. Међу сазвежђима јесењег неба су и Рибе, Кит, Водолија и Јарац. Рибе представљају Афродиту, богињу љубави и њеног сина Ероса. Једног лепог дана они су уживали на обали реке Еуфрат. Изненада се појавило бесно чудовиште Тифон. По легенди, то је било највеће чудовиште које је икад постојало. Било је толико велико да је својим крилима заклањало Сунце. Да би се сакрили Афродита и Ерос су скочили у реку и претворили се у рибе. Зевс је у спомен на овај догађај поставио ликове две рибе на небо. Поред Риба на небу се налази сазвежђе Кит. Звезде у сазвежђу Водолија представљају младића који држи пехар из ког се просипа вода. Тај младић је Ганимед, син тројанског краља Троса. Ганимед је, по легенди, био најлепши момак свог времена. Његова лепота одушевила је Зевса. Пошто су богови имали обичај да их на гозбама служе лепи младићи и девојке, Зевс је довео Ганимеда на Олимп за свог пехарника и због његове лепоте даровао му је место на небу. Звезде из сазвежђа Јарац одсликавају козу Амалтеју. Она се везује за Зевсово одрастање на острву Крит. Зевсов отац Хронос био је ожењен Рејом, својом сестром. Пророчанство му је прорекло да ће га са престола сменити његов син, те је он прождирао сву своју децу. Реја, Зевсова мајка, сакрила је малог Зевса на Криту. Ту је Зевс одрастао уз помоћ козе која га је хранила својим млеком. У знак захвалности, Зевс је својој хранитељици обезбедио место на небу.

Митови о зимским сазвежђима

Мит о сазвежђу Орион (слика 2), лепом, снажном и вештом ловцу каже да су он и Артемида били најбољи пријатељи, те да су ловили заједно. Орион је надахнут лепотом Артемиде и њених пратиља, почео редом да им се удвара. Артемида га је одбила. Ојнопион, отац Меропе која је била једна од Артемидиних пратиља, сазнао је да се Орион удвара и његовој кћери. Зато је приредио гозбу на коју је позвао Ориона. Ту га је напио и ослепео. Међутим десило се да је баш тад Орион погледао у излазеће Сунце. Тако је поново прогледао и истовремено се родила љубав између њега и богиње зоре Еоје (Ауроре). Аполон који је волео Еоју рекао је Геји да се Орион осилио и да прети да ће побити све звери. Забринута за природну равнотежу Геја је послала шкорпију на Ориона. У тој борби Орионово оружје није било од користи и он је изгубио живот. Тужна због свега Артемида је поставила Ориона на небо. Пошто му није опростила скрнављење пријатељства поставила је и шкорпију да га вечно прогања. Легенда каже да је као знак љубави Еоја поклонила Ориону пса. Тај поклон је на небу представљен сазвежђем Велики пас. Сазвежђе Мали пас је спомен на Икаријевог пса Мајру. Икарије, добар човек из околине Атине, једном приликом је добро угостио



Слика 2. Приказ сазвежђа Орион

Диониса, бога вина. У знак захвалности Дионис га је научио да прави најбоље вино у крају. Икарије је тим вином гостио своје пријатеље пастире. Ови су се једном приликом толико опили, да су мислили да Икарије намерава да их отрује. Зато су убили Икарија и закопали га испод бора. Све то је видео пас Мајра и отишао да доведе Икаријеву ћерку Еригону. Када је видела шта се десило, ужаснута Еригона се обесила о бор изнад очевог гроба. Непосредно пре него што се убила, заклела је све Атинске девојке да се вешају о борове све док се Икарије не освети. Атињанке су следиле Еригону и заиста се вешале о борове. Видевши то, Атињани су пронашли пастире и убили их. Дионис је ликове из ове приче поставио на небо. Икарије и Еригона су приказани као пролећна сазвежђа Волар и Девица. Сазвежђе Близанци чине два близанца Кастор и Полукс. Они су синови лепе Леде, жене спартанског краља Тиндареја. Леду је, очаран њеном лепотом, једне ноћи посетио Зевс, док је Тиндареј био одсутан због ратовања. Преображен у Тиндарејев лик Зевс је водио љубав са Ледом. Исте ноћи се вратио прави Тиндареј па је и он са Ледом водио љубав. Касније је Леда родила близанце од којих је Кастор био Тиндарејев, а Полукс Зевсов син. Оба близанца су израсли у веште ратнике и као браћа су се много волели. Полукс је био бесмртан с обзиром на своје божанско порекло. У једној бици Кастор је задобио смртну рану. Тужни Полукс је замолио Зевса да или као браћа умру заједно или да подари Кастору бесмртност. Зевс их је због њихове братске љубави учинио бесмртним и поставио на небо.

Звезде сазвежђа Кочијаш представљају изумитеља четворопрега. Како легенда каже Хефестов и Гејин син је уместо ногу имао змијски реп. Да би сакрио ту своју ману и да би се лакше кретао измислио је двоколице које вуку четири коња.

Бик је сазвежђе које је Зевс поставио као успомену на своју авантуру са Европом. Да би освојио лепу Европу, кћер краља Агенора, Зевс се претворио у бика. Бик је одавао утисак божанске лепоте и снаге, а уз све то је био и веома питом. Док је Европа, на пашњаку поред мора, брала цвеће са својим пратиљама бик им је пришао и почео да се умиљава. Задобивши тако њихово поверење и дивљење, пустио је Европу да му се попне на леђа. Затим је, са Европом на леђима, отпливао преко мора на острво Крит. Ту је Зевс узео своје право обличје и обљубио Европу. По легенди је Зевс земљи преко мора дао Европино име. Изнад Бика налази се сазвежђе Персеј. Митски брод Арго представљен је сазвежђем Крма. Овим лаким, брзим и чврстим бродом Аргонаути су кренули да украду златно руно са Колхиде. Предводио их је Јасон. Његов отац Есон, краљ Тесалије је са власти свргнут од стране свог брата Пелије. Јасон је затражио назад очево краљевство. Пелија је пристао да преда власт над краљевством само ако му Јасон донесе златно руно. Да би остварио овај подвиг Јасон је окупио највеће хероје тог доба (Херакле, Персеј, Кастор, Полукс, Орфеј). По лађи Арго чланови ове дружине су названи Аргонаути. Ови јунаци су са својим чудесним бродом прошли кроз многе авантуре. Још једно сазвежђе из зимске групе је Рак. Оно је успомена на дванаести Хераклов подвиг. Ово сазвежђе највероватније представља тежњу у митологији да се Хераклу обезбеди онолико подвига колико има зодијачких сазвежђа. Један од Херакловиһ подвига био је и савлађивање Лернејске хидре. По легенди је Хера, која је мрзела Херакла, послала хидри у помоћ рака Каркина. Херакле је савладао и рака и хидру, а незадовољна Хера је ставила рака на небо.

Митови о пролећним сазвежђима

Сазвежђе Волар због двозначности у митологији представља и Икарија и Аркада. На пролећном небу налазе се и Девица, Лав, Хидра и Кентаур. Немејски лав је звер која је прождирала становнике Арголиде којом је владао Еуристеј, Хераклов брат. Први Хераклов подвиг је био да убије тог лава. Сазвежђе Хидра представља Лернејску хидру. Звезде сазвежђа Кентаур распоређене су тако да приказују Хирона. Хирон је припадао врсти митских биће које су стари Грци називали кентаурима. Кентаур је имао труп и ноге слично као код коња, а уместо коњског врата и главе имао је горњи део људског тела. Поред лекарских вештина Хирон је поседовао и изванредне борилачке способности. Због тога је био учитељ свих великих јунака старог доба. Богови су га волели јер им је често приносио жртве у виду животиња. Због тога су му обезбедили вечно место на небу.

Митови о летњим сазвежђима

Сазвежђе Лабуд простире се дуж Млечног пута. На небо га је поставио Зевс као успомену на своју романсу са Ледом. У другој верзији љубави Зевса и лепе Леде, Зевс се, слично као у романси са Европом, претворио овог пута у лабуда. Леда није одолела божанској лепоти овог створења. Из љубави Леде и Тиндареја родили су се Кастор и Клитеменестра, а из љубави Зевса и Леде Полукс и лепа Јелена, повод Тројанског рата. Сазвежђе Орао представља орла који је пренео Ганимеда на Олимп из његове постојбине на брду Ида крај Троје.

Мит о Орфеју, митском музичару и сину музе Калиопе, један је од лепших митова. Пошто је био син музе, Орфеј је поседовао огроман музички таленат и велику страст према музици. Својом музиком очаравао је све око себе. Његов инструмент лира постављен је на небо као сазвежђе Лира. Орфејева музика је помагала јунацима да преброде невоље, због чега је и кренуо на пут са Аргонаутима. По повратку из ове авантуре оженио се са Еуридиком, коју је много волео. Еуридику је недуго затим ујела змија отровница. Раставши се са овоземаљским

животом Еуридика је наставила да постоји у подземном свету. Тај свет Грци су назвали Тартар и он се по легенди налазио испод земље. Његов владар био је бог Хад. Еуридикина смрт је јако погодила Орфеја. Због тога је Орфеј сишао у Тартар да би извео Еуридику на светлост дана, да би је поново оживео. Хад је пристао да пусти Еуридику, али уз један услов. Орфеј је требало да изађе из подземног света без освртања, а Еуридика би изашла за њим. Орфеј је кренуо ка излазу, али је његова жеља да види Еуридику била толико јака да се, не могавши више да издржи, осврнуо мало пре излаза. Угледао је Еуридику како полако бледи и нестаје у дубинама подземног света. Тако је несрећни Орфеј заувек изгубио своју љубав.

Сазвежђе Стрелац је још једна успомена на племенитог Хирона. Хиронов ученик, Херакле, је у једном несрећном случају, за време вежбе, погодио свог учитеља отровном стрелом. Иако је поседовао добре лекарске способности Хирон није успео да сам себе излечи. Последње Хироново добро дело било је то што је затражио од Зевса да умре уместо Прометеја.

Прометеја су богови ставили на страшне муке јер им је украо ватру и донео је људима на Земљу. Сазвежђе Херкул (римска верзија грчког имена Херакле) приказује Херакла, сина Зевса и Алкмене, супруге краља Амфитриона. Да би Херакле постао бесмртан Зевс је наредио богињи Атини да подоји малог Херакла Хериним млеком. Атина је искористила прилику док је Хера спавала и потурила Херакла. Херакле је тако јако потегао да се млеко просуло по небу и настао је Млечни пут. Љубоморна због Зевса и Алкмене, Хера је омрзнула Херакла. Зато је учинила да Херакле буде у власти свог охолог људског брата Еуристеја, све док не заврши дванаест подвига. Херакле је испунио сваки задатак и тако постао славан и слободан. На небу се поред Херкула налази сазвежђе Змијоноша. Оно је постављено у знак сећања на Асклепија. Асклепије је био лекар који је свој занат научио од Хирона. Био је толико добар да се Хад пожалио Зевсу како подземни свет има све мање становника. Зевс је бацио муњу и убио Асклепија. Када је Зевс схватио неправду коју је овим поступком нанео људима, поставио је Асклепија на небо заједно са змијом исцелитељицом. У та давна времена се веровало да је отров змије лековит.

Једно од најлепших летњих сазвежђа је Северна круна. Представља свадбени поклон Хефеста за венчање Диониса и Аријадне. Пошто је Хефест био бог заната, веома добро је направио и украсио круну. Круна је била од жеженог злата и украшена драгим камењем. Сазвежђе Шкорпија излази изнад хоризонта у време кад Орион залази. Звезде сазвежђа Вук означавају вука кога је добри Хирон жртвовао боговима. Распоред звезда је такав да представља Хирона (суседно сазвежђе Кентаур) који копљем пробада вука. Звезде сазвежђа Вага представљају лик ваге којом је богиња правде одмеравала људска дела.

Закључак

Грчки митови имају особину да боговима приписују људске особине. То је био начин на који су стари Грци покушавали да схвате свет који нису могли рационално да објасне. Тако је свет природних непогода, болести и ратова постајао прихватљивији за живот. То је био један од доказа тријумфа људске мисли над људском природом и теретом постојања. Људи су на тај начин осећали да њихово постојање има неког смисла у огромном и непознатом свету који их је окруживао. Тај осећај смисла и у неку руку неопходности постојања водио је ка развоју цивилизованог света.

Људи су осећали мотив да разумом схватају и побеђују природу. Далеке звезде, које ни данас нису схваћене у потпуности, Грци су покушавали да објасне преко митова чији јунаци имају људске особине природу. Богови и разна митска створења били су само карике у ланцу који је повезивао схватљиво са несхватљивим. Тражење те везе је сасвим оправдано. Ипак смо сви ми део једног свемира у коме су ствари узрочно повезане.

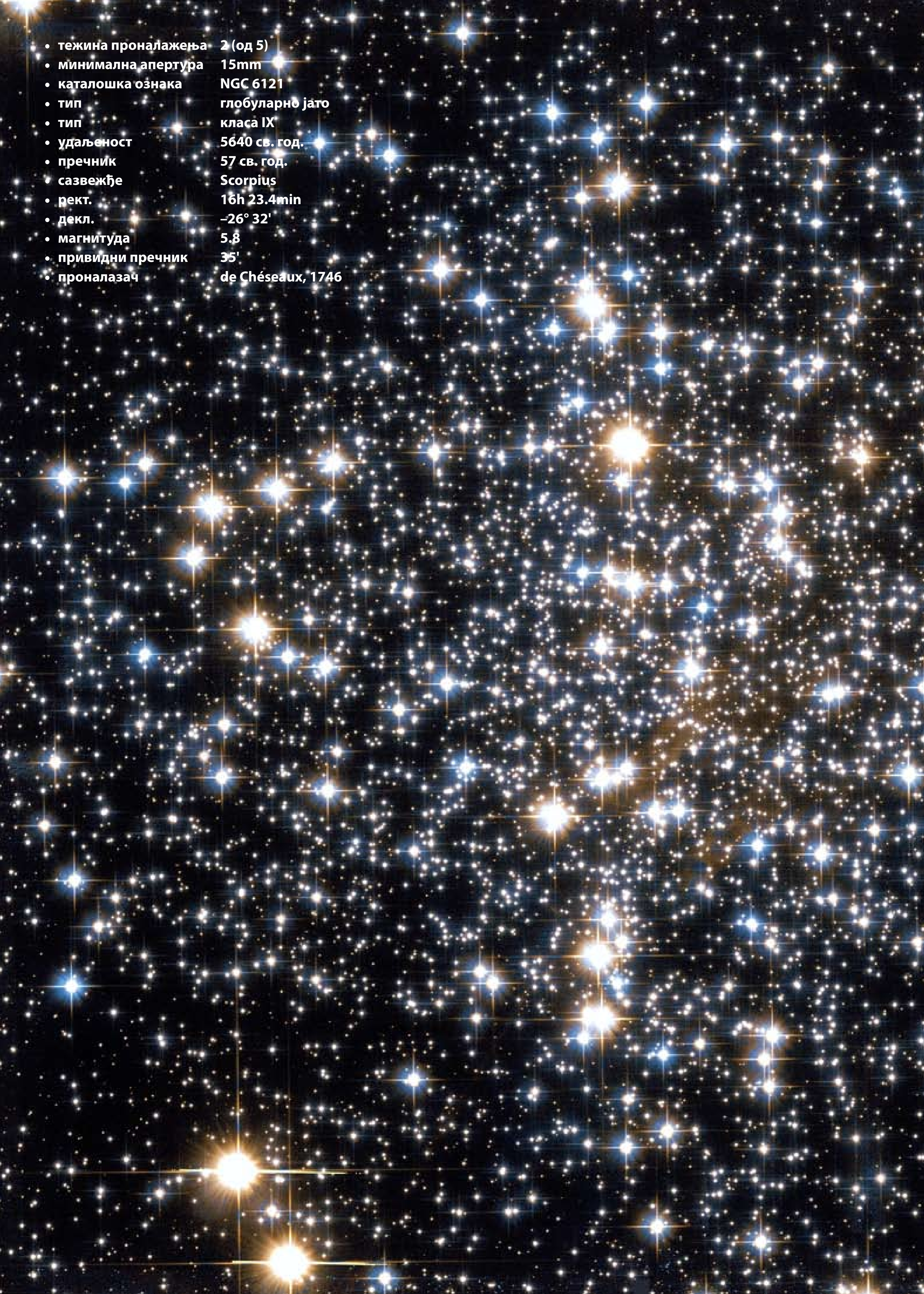
Литература

1. Крсте Наумоски: 2000, Сазвежђа северног неба, Змај, Нови Сад
2. Роберт Гревс: 1969, Грчки митови, Нолит, Београд
3. Кито Х. Д. Ф: 1963, Грци, Матица Српска

Овај чланак рађен је под руководством др Дејана Урошевића и Николе Витаса у оквиру предмета Методика наставе и историја астрономије.

Constellation's and Greek Mythology –
Branislav Vukotić

Stories from Greek mythology explaining the origin of constelations are reviewed in some detail.



- тежина проналажења 2 (од 5)
- минимална апертура 15mm
- каталошка ознака NGC 6121
- тип глобуларно јато
- тип класа IX
- удаљеност 5640 св. год.
- пречник 57 св. год.
- сазвежђе Scorpius
- рект... 16h 23.4min
- декл. –26° 32'
- магнитуда 5.8
- привидни пречник 35'
- проналазач de Chéseaux, 1746



Глобуларно јато М4 (љубазношћу: NASA/STScI)

М4 - збијено јато

Историја

Швајцарски астроном аматер де Шезо (*Philippe Loys de Chéseaux*) 1746. године открива маглину у близини звезде Антарес „бела, округла и мања у односу на маглине које сам раније посматрао". Али, де Шезоово посматрање није никада објављено тако да је заслуга за откриће М4 припала де Лакају (*Nicolas Louis de Lacaille*) који је овај објекат посматрао 1752. године. У дневнику посматрања је записао „маглина без звезда, уочава се мало језгро налик на комету".

Месије овај објекат посматра 8. маја 1764, и записује „јато врло малих звезда, кроз слабији телескоп види се као маглина пречника око 2.5'". М4 је једино збијано јато које је Месије успео да раздвоји на звезде.

Вилијем Хершел је 1783. године такође разложио на звезде М4 и забележио „богато звездано јато, веома збијених звезда које су окружене великим бројем луталица. Уочава се бразда која се пружа кроз средишњи део јата у смеру од југа ка северу, унутар бразде се издваја 8 до10 веома сјајних звезда".

Астрофизика

М4 се налази на удаљености од 5600 светлосних година што га чини нама најближим збијеним јатом (друго по удаљености је јато NGC 6397 видљиво на јужном небу, његова удаљеност је 7500 светлосних година). М4 је ближе чак и од неких развејаних јата, нпр. М103. Због свог положаја у близини галактичке равни (свега 2000 светлосних година) веома је подложно међузвезданој апсорпцији. Процењује се да јато сачињава око 100 000 звезда, од којих је барем 10 000 сјајније од 19 магнитуде. Средња магнитуда 25 најсјајнијих звезда је 13.1 док најсјаније звезде у јату имају 10.8 магнитуду. Старост јата се процењује на 12.7 милијарди година.

До сада је познато 65 промењљивих звезда у М4, а међу њима се издваја милисекундни пулсар PSR B1620-26 откривен 1987. године, визуелне магнитуде 21.3. Овај објекат масе 1.4 масе Сунца је уствари члан тројног система са белим патуљком и објектом који је масе свега 0.01 маса Сунца што га чини кандидатом за вансоларну планету. Период пулсара је 11 *ms* што га чини три пута бржим од пулсара у М1.

Током 1997. године посматрања помоћу Хабловог свемирског телескопа утврдила су постојање 258 белих патуљака у јату, на основу тог посматрања процена је да их укупно у јату има око 40 000.

Током 2001. године Хаблов телескоп је направио изузетно детаљан снимак М4, тзв. „дубоко поље збијеног јата" на коме су снимљене звезде које сачињавају јато до 30 магнитуде.

УДК - 524 + 50.211

Ненад Д. Миловановић
Астрономска опсерваторија,
Београд

Има ли живота изван Земље?

Увод

Човек на Земљи постоји два милиона година, користи алат двадесет хиљада година, пише седам хиљада година, кренуо је у свемир пре четрдесет година и још увек је сам. Зашто?

Одговор нико не зна. Теолог ће вам рећи да је човек сам и да ће увек бити сам. Уметник ће рећи да човек није сам јер има самог себе. Филозоф ће расправљати о том питању. Међутим постоје људи које то питање изузетно интересује и који су утрошили године рада трагајући за другим цивилизацијама. Они се баве младом мултидисциплинарном науком – егзобиологијом.

Током целе историје цивилизације људи су са мање или више жара сматрали да нисмо сами. Врхунац овог замајца се догодио после Другог светског рата када је астрономија уз помоћ радио-технике и космонаутике кренула са Земље у поход на друге светове. Сада снажним телескопима ослушкујемо цело небо трагајући за карактеристичним радиоталасима, шаљемо поруке у виду сигнала и предмета направљених људском руком (артефаката) ка звездама да постојимо и детаљно истражујемо сондама и летелицама све објекте нашег система. Последња вест, која је узбудила многе научнике, јесте та да је можда пре три милијарде година постојао живот на Марсу, наравно у виду најпростијих организама – бактерија.

Егзобиологија, за коју неки аутори користе и реч ксенобиологија, астробиологија или биоастрономија, проучава живот изван Земље. По предмету проучавања дели се на егзобиологију Сунчевог система и егзобиологију изван нашег система (пошто је то млада наука терминологија није усаглашена). Прва се, пре свега, ослања на податке добијене ме-ђупланетарним летелицама (Маринер, Венера, Викинг, Галилео, Пионири, Војаџер) и интензивним спектроскопским проучавањима планетских атмосфера (Хаблов сателитски телескоп и земаљски телескопи). Друга се, због немогућности непосредног проучавања, ослања на спектралну анализу у радиоделу спектра, или користи друге методе детекције зрачења.

Покушајмо прво да објаснимо шта је то живот.

Живот: појам и услови за настанак

Постоји много дефиниција појма живота. Једна од њих тврди да је живот самоодржавајући хемијски систем способан за процес Дарвинове еволуције. Дарвинова еволуција подразумева три корака:

Први је репродукција. Група јединки мора бити способна да створи своје копије.

Други је мутација. Копије морају да садрже одређене наследне несавршености или мутације тако да уносе варијације у популацију.

Последњи корак је селекција. Неке једнике селекцијом преживљавају док друге не (из *National Geographic*, март 1998, страна. 69).

Међутим, оваква дефиниција живота не задовољава научнике. Постоје многа питања на које наилазе научници који се баве овом проблематиком. Једна од основних су: Какав је прелаз из неживе у живу материју? и Како је настао живот на Земљи? Научници су, полазећи од хипотеза и доказујући их, дошли до одређених теорија о постанку живота. Таква једна теорија, која је мање-више прихваћена у научним круговима, говори нам да је живот на нашој планети настао сложеним процесом спајања неких сложених органских и неорганских једињења. Овај догађај се збио одмах после стварања Земље пре 4,5 милијарди година. Због активности вулкана и састава атмосфере, Земљина хидросфера је била препуна једињења која су под утицајем јаких ултраљубичастих зрака са Сунца почела да образују сложена органска једињења. Ова једињења представљају основу за настанак живих организама. Сам процес још увек није до краја објашњен, посебно прелаз из неживе у живу материју.

Интересантни су лабораторијски експерименти Милера (*Stanley Miller*) и Уреја (*Harold Urey*) вршени педесетих година овог века. Они су у стакленом балону симулирали првобитну Земљину атмосферу састављену од водоника, азота, метана, амонијака и угљен диоксида кроз коју су пропуштали електрична пражњења (тадашњи громови и муње) и ултраљубичасто зрачење. Као резултат експеримента добили су беланчевине, органске киселине и аминокиселине које су неопходе за настанак живота. Мењајући састав гаса, температуру и неке друге параметре успели су да покажу да је могуће створити свих двадесет аминокиселина које чине основу живота на Земљи. После стварања првих органских сложених једињења настаје стварање и првих простих организама који даљом еволуцијом (мутација, селекција и генетски одабир - тзв. Дарвинова теорија еволуције) производе организме са ћелијском стуктуром. Као врхунац еволуције

настају хуманоиди, а један од њих смо и ми.

Поред Дарвинове теорије еволуције, коју заступа већина научника, постоји још много других тзв. теорија. Најинтересантнија је тзв. теорија панспермије која претпоставља да су први живи организми дошли на Земљу из свемира, на пример, путем комета. Занимљиво је да неки научници данас сматрају, после објављивања налаза за које су аутори веровали да су фосилне бактерије у метеоритима са Марса, да се живот прво развио Марсу, а да је потом прешао на Земљу. Међутим, за сада такве претпоставке су на нивоу хипотезе а не теорије.

Услови за настанак интелигениног живота

Нас највише интересују услови који морају да буду испуњени да би настао живот. На данашњем нивоу развоја науке претпоставља се да интелигентан живот може настати на свемирским телима без сопстеног извора енергије. Таква тела су планете са атмосфером. Атмосфера планете не мора бити истог типа као наша. Погледајмо астрономске услове које треба да задовољава планета на којој би могао настати живот.

Пре свега, планета би требало да се налази у систему са једном стабилном звездом. Вишеструки системи звезда, било да су у питању звезде или неки други објекти, нису повољни за настанак интелигентног живота. Планете у таквим системима имају нестабилне путање. Тада се на планети јављају екстремне промене температуре, јаке гравитационе силе или превише велико штетно зрачење.

Да би на некој планети могао да се развије интелигентан живот она мора да се налази у систему са једном звездом. Звезда мора да испуњава услов стабилности, тј. да се налази у фази потрошње водоника и да се у тој фази налази више милијарди година.

Планета би требало да се налази у тзв. зони живота. Растојање планете од звезде где је температура на њеној површини од 0°C до 100°C назива се зона живота. За Сунце (спектрални тип G2) то растојање износи од 0,7 до 1,5 астрономских јединица. Видимо да се наша планета, налази у тој зони. За топле звезде (тип O, B, A) зона живота се налази далеко од звезде, међутим такве звезде због велике масе проводе мало времена у стабилној фази да би се развио живот. За хладније звезде (типа K, M) зона живота износи стоти део растојања Сунце-Земља. Хладније звезде се налазе десетинама милијарди година у стабилној фази што омогућује дуготрајан развој живота. Међутим, због велике близине планете звезди настају велики гравитациони ефекти. Због јаких гравитационих сила планета не поседује сопствену ротацију већ је један њен део стално окренут звезди. Осунчана страна планете има високе температуре док је друга страна у сенци са ниским температурама.

Видимо да само одређене звезде у нашој галаксији испуњавају горње услове. Наравно, ови услови нису довољни за настанак живота. Потребно је да таква планета испуњава одређене биолошке услове.

Наведена ограничења не искључују могућност настанка живота у планетарним системима који не испуњавају споменуте услове. За такве планете се, за сада, не зна какве врсте живота могу да створе, али се претпоставља да није интелигентан тј. да не може да комуницира са другим цивилизацијама.

Интересантно је споменути разне хипотезе постојања живота. Знамо да се наш живот заснива на угљенику (*C*). Хемијски елемент најсличнији њему је силицијум (*Si*). У теорији је разматрана могућност да постоји живот заснован на њему и дошло се до закључка да су неки простији облици „живота” могући, али да није могућ неки виши облик због тога што једино угљеник, због својих атомско-молекулских особина, може образовати највећи број хемијских једињења. Лабораторијски експерименти заснивања органске хемије на бази силицијума су били неуспешни. Слични резултати су добијени и за азотну органску хемију. Постоје хипотезе о животу заснованом на чисто неорганским једињењима. Интересантна је хипотеза Шнајдера (*Jean Schneider*) са Медонске опсерваторије о постојању кристалних форми живота који би се могли налазити у сложеним кристалним, структурама. Најбизарнија је форма живота Дајсона (*Freeman Dyson*) и Дрејка (*Frank Drake*) на атомском нивоу на површини неутронске звезде. Таква цивилизација би имала пречник око 10^{-11} cm и трајала би 10^{-15} s. Комуникација са таквом „цивилизацијом” би била могућа само гама зрацима.

Овакве и сличне предпоставке претстављају за науку несхватљиве системе, јер се не зна на којим су принципима засноване па се граниче са научном-фантастиком.

За сада знамо само једно место у свемиру где сигурно постоји живот, то је на Земљи. Међутим поред Земље у нашој непосредној средини се налазе и друге планете које смо недавно почели да истражујемо.

Истраживање Сунчевог система

Научници и свемирске агенције су од почетка Космичке ере показали изузетно интересовање за Сунчев систем, пре свега зато што је релативно лако посетити планете због њихове близине. Године 1959. на Месец се спустила совјетска летелица Луна 2. Тада смо добили прве непосредне податке о нашем сателиту. Ера испитивања планета почела је 1961. године када је руска међупланетарна летелица Венера 1 послала прве податке о Венери. Показало се да јој је површина изузетно топла (око 450°C) и да је окружена атмосфером сачињеном претежно од угљен диоксида (CO_2). Данас, четири деценије касније, међупланетарне летелице дале су нам

непроцењиве податке о другим планетама и сателитима. Оне су посетиле све планете сем Плутона, а у току је проучавање Месеца са летелицом Месечев Истраживач (*Lunar Prospector*) и Јупитера и његових сателита са Галилеом. Наредних деценија су у плану посете систему Сатурна (Касини), Плутону (Плутон Експрес) и Меркуру (Хермес). Тим посетама научници ће заокружити упознавање наших суседа.

Сва досадашња посматрања тела у Сунчевом систему (планета, сателита, комета и астероида), било непосредно путем летелица и сонди, или посредно путем проучавања спектра, нису дала ни један наговештај било какве органске активности. Како се једино планета Земља налази у зони живота постоји извесна могућност настанка једноставних организама и на другим телима нашег система. Показано је да постоје услови (метанска мора на Титану, лед на Европи, специфична атмосфера на Венери) за просте облике живота. Интелигентан живот у нашем систему до сада није пронађен и постоји мала вероватноћа да ће бити нађен. Уколико би постојао, он или ми би већ ступили у међусобан контакт.

Уколико би нашли макар и најпростије вирусе или бактерије на некој планети или сателиту срушио би се вишемиленијски мит о усамљености човека у свемиру. То би дало незаустављив импулс егзобиолошким истраживањима.

Анализирајмо сада тела у Сунчевом систему на којима су нађени бар неки предуслови за постојање живота.

Меркур и Месец

Меркур је најближа планета Сунцу од свих тела у нашем систему. Температура на њему се мења у распону од -180°C када је у сенци, до 430°C када је окренут Сунцу. Атмосфера је изузетно ретка и чини је кисеоник, натријум, молекуларни водоник (H_2), и хелијум. Притисак износи око 10^{-15} атмосфера, што је занемарљиво мало. Овакви услови за живот су немогући. Међутим током деведесетих година радарским посматрањем се закључило да би водени лед могао постојати у кратерима на половима планете који су у вечитој сенци и где температура не прелази -100°C. Маринер 10, који је три пута прошао поред Меркура током 1974. и 1975. године, није сликао полове тако да за сада сем тих радарских посматрања немамо друге податке.

Месец је сличан Меркуру. Без атмосфере и екстремних промена температуре.

Научници су 1996. године пронашли лед на Месецу. Ова вест изазвала је огромну пажњу пре свега због могућности релативно јефтиније експлоатације. Кроз неколико месеци објављени су радови засновани на радио-посматрању Месеца. Њима се оповргава постојање леда. Тврди се да је оно што смо сматрали за лед одсјај сунчевих зрака са месечеве површине. Коначну је реч, као и обично, дала је НАСА (Национална астронаутичка и свемирска агенција) када је послала летелицу Месечев истраживач без људске посаде да кружи око нашег суседа. Пре неколико месеци тим НАСА-е је коначно званично саопштио да у кратерима око полова на Месецу постоје знатне количине воденог леда.

Само постојање леда није довољан услов за постојање и развој нижих облика живота. Иако одређене микроскопске гљиве, бактерије и алге могу издржати температуре испод -190°C, екстремно ниске притиске и јонизовано зрачење високог интензитета, развој виших облика живота у леду на Меркуру и Месецу је просто немогућ.

Иако у тим леденим морима не постоји можда чак ни најнижи облик живота, значајна је комерцијална црта овог открића. Наиме, будуће колоније на Месецу ће много јефтиније моћи да користите лед за свој опстанак. Даље ћемо видети да је лед изгледа општа одлика не само Меркура (уколико постоји) и Месеца већ и других планета и њихових сателита.

Венера

На први поглед ова планета је погодна за живот. Масе бliske Земљиној и густе атмосфере богате разним гасовима дају добре услове чак и за више облике живота. Међутим, подробнија анализа података добијених спектралном анализом са Земље и подацима са 26 летелица који су је посетили, показују нам да су услови на самој површини планете просто несношљиви и за просте вирусе и бактерије.

Наиме, у атмосфери Венере највише је заступљен угљен диоксид, док у много мањим количинама има азота и других гасова. Баш због присуства угљен диоксида настаје познати ефекат стаклене баште који акумулише топлоту тако да је површина Венере изузетно топла, око 440°C. Такве температуре не могу да издрже ни термофилне бактерије, па ни једна од најотпорнијих врста која може да живи око један сат на 120°C.

Како живот на површини планете Венере не може постојати, научници су се окренули облацима и средњим слојевима атмосфере. Атмосферски модели потврђени подацима са сонди које су се спустиле на Венеру, показују да постоје слојеви атмосфере са облацима на висинама од 48 *km* до 68 *km*. Температура у њима се креће у вредностима од -30°C до 75°C. Ови параметри су прилично повољни за постојање специфичних облика живота, међутим због јаких ветрова преко 100 *m/s* и самог састава тих облака (84% раствор сумпорне киселине) и овај предео Венере није за живот.

Марс

Ако је негде било живота или се сада налази у примитивном облику онда је то на овом нашем суседу. Марс је четврта планета од Сунца и налази се у зони живота, али температура на његовој површини је претежно испод нуле због ретке атмосфере.

Његова атмосфера је, као и код Венере, сачињена скоро искључиво од угљен диоксида, док неколико процената чини азот и аргон. Кисеоника има две стотине пута мање него на Земљи. За разлику од Венере, где је притисак на површини око 90 атмосфера, на Марсу он износи стоти део земљининог притиска. Температура се креће од -120°C до 22°C. На половима се налазе ледене капе које су се у прошлости отопљавале тако да су токови воде направили корита. Тренутно на Марсу није пронађена вода у течном стању.

До сада је око десет летелица посетило Марс, док се само пар њих спустило на саму површину планете. Најинтересантнија је мисија Викинг. Викинг се спустио на површину Марса средином 1976. године. Примарни циљ мисије је био да се испита могућност живота на Марсу. Аутоматизоване сонде су извршиле три експеримента са узорком тла. Тражили су се производи деловања потенцијалних микроорганизама и околине. Резултати су били такви да су се могли објаснити и неорганским реакцијама. Међутим критичари тих експеримената, наглашавају да се такви резултати добијају и у песку Сахаре. Дебата се отворила. Научна јавност се ипак определила за опрезност. Док се не изврше поузданији експерименти не може се са сигурношћу тврдити да на Марсу постоји живот. Можда се некакви микроорганизми могу наћи близу поларних капа али будуће летелице нису за сада планиране у та подручја.

Године 1984. група истраживача посетила је Антарктик скупивши метеорите у оквиру програма тражења метеорита на Антартику (*ANSMET*). Програм финансира америчка Национална научна фондација (*NSF*). Међу тим метеоритима био је један



Слика 1. метеорит ALH 84001



Слика 1а. метеорит ALH 84001 (детаљ који је узбуркао научну јавност).

означен као *ALH* 84001 (слика 1) по називу области Атлас Хил (*Atlas Hill*) где је нађен. Пошто је прошао анализе дошло се до закључка да припада групи од једанаест нађених метеорита за које се сматра су пали са Марса. Године 1994. у хемијском саставу тих метеорита нађени су трагови гасова који се налазе у атмосфери Марса. Одмах су делови метеорита послати у лабораторије широм света и показало се да је тај метеорит најстарији у групи *SNC* са старошћу од 4,5 милијарди година. Научници су реконструисали историју тог најпознатијег метеорита.

Метеорит је изгледа настао из истопљене лаве у најранијој историји Марса, пре 4 до 3,8 милијарди година. Преко њега је тада прошла течност састављена од угљеникових минерала у којима су се налазиле примитивне марсовске бактерије. Пре 16 милиона година метеорит или астероид пречника од 0,5 до 2 *km* је ударио у Марс брзином од 5 *km/s* близу места *ALH* 84001. Метеорит је услед удара био избачен са Марса и пре 13 000 година је пао на Антарктик.

Група научника на челу са Мекејом (*David McKay*) из Џонсоновог сателитског центра (*NASA JSC*) анализирала је структуру метеорита и нашла је влакнасте органске структуре дужине 10^{-11} *m*. Овакве бактерије се називају „нанобактерије". Сличне бактерије постоје и на Земљи али су око 100 пута веће од марсовских. Познати палеонтолог и експерт за рани живот на Земљи Соф (*W. Schopf*) наглашава да такви објекти могу настати неорганским деловањем. После је Мекеј електронским микроскопом анализирао хемијске продукте тих бактерија. Исто тако и ове продукте је могуће објаснити неорганским пореклом.

У прилог теорији да је пре неколико милијарди година постојао бар бактеријски живот на Марсу иде и чињеница да је међу планетама летелица Марсов глобални посматрач (*Mars Global Surveyor*) открила слабо магнетно поље око ове планете. Овај податак је од велике важности за живот. Наиме, уколико постоји магнетно поље око Марса то значи да се у унутрашњости планете налази гвожђе у течном стању. До тада се знало да само Земља и Меркур (можда и Ганимед) поседују метално језгро. Како

и Марс поседује такво језгро то значи да је у прошлости био много топлији. Током времена, Марс се полако хладио. Постојање канала кроз којих је текла вода потврђује хипотезу о топлијем Марсу у прошлости а самим тим баца ново светло на хипотезу о бактеријама са Марса.

Откриће ових бактерија отвара многа питања. За сада, не можемо са сигурношћу да тврдимо да су те нанобактерије неземаљског порекла, ако су уопште бактерије. Ови одговори ће се можда наћи када се крене на Марс. НАСА планира пројекат „Инвазије на Марс" где ће ту планету до 2005. године посетити осам летелица чија ће сврха бити пре свега испитивање могућности колонизације Марса. Поред тог задатка у плану је подробно испитивање Марсовог тла.

Јупитерови сателити

Систем Јупитера представља минијатурни планетарни систем с том разликом што Јупитер није звезда. Нас пре свега интересују четири највећа. сателита: Ио, Европа, Ганимед и Калисто. Ове сателите и Јупитер посетило је пет међупланетарних сонди Пионир 10, Пионир 11, Војаџер 1, Војаџер 2 и Галилео који се још увек налази тамо.

Галилејеви сателити су оковани ледом сем Ие која је због своје близине Јупитеру прилично геолошки активна. Ио, поред Земље, представља једини објекат у Сунчевом систему са вулканским ерупцијама. Температура у околини тих вулкана достиже 27°C што је веома висока температура у односу на остатак површине где је температура око -140°C. Тло је сачињено претежно од једињења сумпора.

Европа и Ганимед су слични по саставу. На површини се налази дебели слој воденог леда, док се у дубљим слојевима може очекивати вода у течном стању. Тај слој може бити повољан за живот, међутим не знамо какав развој може уследити с обзиром да се налази у вечитом мраку. Најновије откриће Галилеја добијено посматрањем одбијених сунчевих зрака са површине Европе показује да се испод дебелог леда тог сателита крију елементи угљеник, кисеоник и азот. Научници претпостављају да се испод тог леда налази вода у течном стању (због топлоте која долази из унутрашњости Европе). Ово не значи да је у том делу Европе могућ живот али постојање два основна елемента за живот (вода у течном стању и унутрашњи извор топлоте) ипак даје неку могућност.

Једини одговор на ова питања могу да дају летелице које би се спустиле на ове сателите и да изврше дубинска бушења тла. Галилео, који орбитира око Јупитера и сателита, није предвиђен за такве задатке. Светске свемирске агенције не планирају до 2010. године слање нове мисије у овај минијатуран планетски систем.

Титан

Што се више удаљавамо од Сунца мање су могућности за развој живота. Највећи сателит Сатурна, Титан, међутим нарушава то правило. Титан је једини сателит у Сунчевом систему који има атмосферу као нека планета. Атмосферски притисак на површини Титана је већи за 60% од притиска на Земљи. Темература на самој површини износи -178°C што значи да се водени лед налази у стању тврдоће гранита. Анализе структуре атмосфере (са летелица које су посетиле Титан и са Хабловог телескопа) показују да је састављена од азота (N_2) и метана (CH_4). Лабораторијска испитивања таквог састава под разним условима показују да је могуће образовање сложених органских једињења укључујући аденин, једну од основних компоненти молекула ДНК.

Група научника је 1994. године користећи Хаблов телескоп показала да се на површини Титана могу налазити океани које чини смеша етана и метана. На таквој темератури метанско-етанска смеша се налази у течном стању. У таквој атмосфери је могуће стварање метанских облака који испуштају метанску кишу. Свет у малом са основом азота, метана и етана. Интересантно би било видети како би се развио живот на таквој нама непознатој основи.

Европска свемирска агенција (*ESA*) и НАСА су лансирале у октобру прошле године међупланетарну летелицу Касини која ће после седам година доћи до Титана и избацити на његову површину летелицу Хајгенс. После спуштања Хајгенс ће нам пола сата слати непроцењиве податке о околини на Титану и тада ћемо можда знати шта се тамо догађа.

Закључак

Интензивно посредно и непосредно посматрање скоро свих објеката у Сунчевом систему није показало да било где постоји и најпростији облик живота. Ово, наравно, не значи да не постоји живот у нашем систему. Оно што са великом сигурношћу знамо је то да, интелигентног живота, оног са којим би ми могли да комуницирамо и размењујемо информације, нема у Сунчевом систему. Коначне одговоре на ова питања знаћемо до 2010. године када би се завршиле мисије на Меркуру, Марсу, Сатурну и Плутону. Тим мисијама добићемо једну уопштену слику о нашим суседима чиме ће се завршити етапа Космичке ере где смо само посматрали. По плановима свемирских агенција почетком половине следећег века може се очекивати колонизација Марса одакле би се људске колоније могле ширити на остале сателите и планете богате рудама и отворене за интензивна научна истраживања.

Дрејкова једначина

До сада смо разматрали прилично поуздане чињенице које релативно лако можемо проверити у нашој

околини. Ови подаци, наравно, нису уопште оптимистички, јер за сада не постоји врста у Сунчевом систему са којом ми можемо да комуницирамо. Међутим, наш систем (звезда-планете) није једини у нашој галаксији. У овом делу видећемо како можемо прорачунати број цивилизација са којима тренутно можемо комуницирати.

Још када је егзобиологија била млада наука и када су се тек изграђивале њене основе одржан је један од значајних састанака тадашњих стручњака из разних области због мултидисциплинарности ове науке. Године 1964. у Грин Бенку (*Green Bank*) одржана је конференција са темом о могућностима живота у свемиру. Један од водећих стручњака тамо био је и Френк Дрејк који је на тој конференцији предложио сада већ легендарну једначину. Та, Дрејкова једначина се представља у облику

$$N = R \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

где је:
N - број цивилизација са којима тренутно можемо комуницирати,
R - брзина настајања звезда у Галаксији,
f_p - део звезда које имају планетарне системе,
n_e - део планетарних система које имају планете на којима постоји услов за живот,
f_l - део планета погодних за живот на којима се он појавио и развио,
f_i - део планета са животом на којима постоји разуман живот,
f_c - део планета са интелигентним животом који може да контактира са другим цивилизацијама и
L - век трајања техничких цивилизација.

Сви фактори у једначини, сем R и L, се изражавају у процентима те се могу кретати од нула за веома песимистичке до један за оптимистичке процене. Сваки од ових променљивих представља област интересовања једне од наука, почев од астрофизике која се бави првом величином R, преко f_i за коју се интересују органска хемија и биохемија, па до f_c чиме се баве антрополози.

На данашњем нивоу знања астрофизике прилично добро знамо колико звезда настане годишње у нашој галаксији. Овај број није био сталан у развоју Галаксије али се лако може наћи средња вредност ако би поделили број звезда (око 100 милијарди) са временом живота Галаксије (10 милијарди година). Тако за величину R добијамо вредност од 10 звезда по години.

Друга величина, процентуални број звезда које садрже планетарне системе, јесте данас прилично актуелан после скорашњег проналаска других планета око звезда. До августа прошле године потврђен је проналазак планетских система око 20 звезда са главног низа. За 21 звезду се са сигурношћу зна да не поседују планете. Наравно, овде се јавља низ проблема од којих је најзначајнији тај да још увек не знамо прави механизам настајања самих планетарних система, иако постоји низ хипотеза као, на пример, Кант-Лапласова. Интензивно трагање за новим планетама, које сада представља једно од најдинамичнијих делова астрофизике и астрономије, би у скоријој будућности могло дати одговор за величину f_p.

Међутим, колико добро познајемо R и f_p, толико мање знамо остале величине. Остале величине се одређују методама процене. Неке од ових величина су задатак друштвених наука. Можда је најзагонетнија последња величина L, која нам даје информацију о дужини трајања друштва способног да комуницира са другим цивилизацијијама. Ова величина, слободно се може рећи, је ствар слободне процене. Почетак трајања цивилизације (L) која комуницира са сличним друштвима је одређен тренутком проналаска радио-уређаја. За нас је то крај прошлог века када је немачки научник Херц (*Hertz*) извео експерименте у којима је успео да емитује и прими радио-таласе. Значи да за нашу цивилизацију вредност L износи 100 година.

Због тога што величину L уопште не познајемо најчешће се даје вредност броја цивилизација N у функцији трајања цивилизације L. После се претпостави вредност за L и тако се добија број N. На пример Голдсмит и Овен (*D. Goldsmith, T. Owen*) узимају вредност за L од 1 милион година док Плат (*Platt*) са Мичигенског универзитета сматра да техничке цивилизације трају 10 милиона година. У табели су дате разне процене вредности производа $R \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c$. У табели је дата вредност N у функцији L.

	N
Голдрајх (1966)	**$1 \times L$**
Саган (1974)	**$0.1 \times L$**
Голдсмит (1980)	**$1.25 \times L$**
оптимистичка процена	**$300 \times L$**
песимистичка процена	**$10^{-11} \times L$**

Наравно, као што смо написали горе, вредност L је најнеизвеснија величина коју можда и никада нећемо сазнати. Уколико усвојимо процену да је L = 20 000 година и узмемо вредност, коју већина аутора фаворизује, за $N = L$ добијамо да број цивилизација. са којима тренутно можемо да комуницирамо у нашој Галаксији износи 20 000. То значи да је нама најближа интелигентна цивилизација удаљена око 1100 светлосних година. Уколико нам, на пример до 2000. године стигне сигнал са те цивилизације и одмах им одговоримо, добићемо њихов одговор 4200. године. Наравно, ово је прилично слободна процена.

Методе трагања и комуницирања

Пошто смо „истражили" Сунчев систем окренимо се сада удаљеним звездама. Ова област егзо-

биологије се искључиво ослања на идиректне методе посматрања. Наиме, због велике удаљености посматраних звезда односно планета око њих, немогуће је, бар за сада, послати летелице или сонде на њих да би као код наших планета добили непосредне податке. Једино оружје које поседујемо је посматрање електромагнетног спектра објекта, било да тражимо друге врсте, или да комуницирамо (за сада само једносмерно) са њима.

Методе тражења ванземаљског живота

Научници су током бурног и наглог развоја физике и астрофизике последњих пар деценија изнели огроман број предлога како можемо наћи живот изван Сунчевог система. Тренутно најкоришћенији од њих – проучавање спектра на 21 центиметру биће објашњен у следећој глави.

Прве идеје јавиле су се појавом ракета почетком овог века. Зашто не би смо послали једну летелицу на нама блиску звезду? Једини и основни проблем је у удаљености. Нама најближа звезда α Cen удаљена је око 4 светлосне године. Када би летелица путовала до те звезде брзином светлости стигла би за 4 године. Међутим данашња физика тврди да ни један објекат са масом не може путовати брзином светлости. Уколико би послали једну летелицу она би до ње путовала бар десетинама година. Чак и ако би решили проблем дугих путовања, на пример хибернацијом, постоји проблем погонског горива. Све врсте горива које данас познајемо не задовољавају неке услове, било да су у питању чврста, течна, нуклеарна или фотонска. Проблем је у огромној маси горива које би летелице понеле са Земље. Уколико би се летелица кретала на потисак Сунчевог ветра или скупљајући водоник из околног простора биле би потребне летелице незамисливих димензија. Доћи до удаљених звезда није немогуће, али тражи време и огромне инвестиције, што данас нисмо у стању да приуштимо.

Постоји идеја слања еконимичних малих сонди на околне звезде. Уколико би смо послали сонде на све звезде у околини од 1000 светлосних година које задовољавају услове за живот речене раније, било би нам потребно преко милион летелица. Данашња цена оваквог пројекта износи преко 10 милијарди долара, док уколико би слали сваку по један дан било би нам потребно 3000 година.

После оваквих разочаравајућих прорачуна научници су се окренули електромагнетном спектру. Постоји идеја комуникације уз помоћ оптичких или милиметарских ласера. Интересантан је предлог слања летелица на Сунце које би носиле елеменат који не постоји у спектру Сунца, тако да би се у спектралним линијама Сунца појавиле неке линије које нису постојале. Или, експлозијом хиљада хидрогенских бомби иза Плутона би могли да скренемо пажњу да постојимо. Ови предлози су статичког типа. Наиме, ми бисмо могли можда да скренемо пажњу на наше постојање, али не би смо могли да комуницирамо и размењујемо информације.

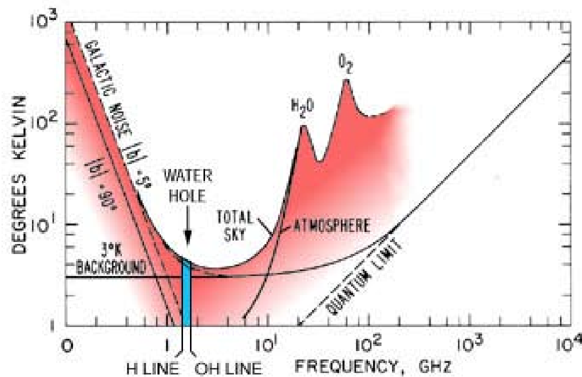
Једини тренутно прихваћен и коришћен начин тражења интелигентних цивилизација је испитивање зрачења на центиметарским радио-линијама. Цео овај огроман пројекат назива се *SETI* (*Search for Extraterrestrial Inteligence* – трагање за ванземаљском интелигенцијом)

SETI

Први предлог за посматрање радио-линија у центиметарском делу спектра дали су Морисон и Кокони (*Morrison, Cocconi*) 1959. године у чланку часописа *Nature*. Френк Дрејк долази до истог закључка и годину дана касније почиње да посматра са радио-телескопом од 26 метара у Грин Бенку две звезде на 21 центиметру, Тако је почео пројекат Озма. Дрејк није добио позитивне резултате али је заинтересовао астрономску јавност. Током 60. и 70. година посматрање радио-линија је било изузетно интензивно. Посматрачи у своје пројекте са егзотичним именима (Серендип, Мета, Бета, Феникс, ...) укључују звезде у околини Сунца спектралног типа сличног Сунцу.

Центиметарски део спектра је изузетно интересантан за егзобиологе. Електромагнетни спектар који стиже на Земљу најбоље може да се посматра у оптичком и радио-делу спектра. Од радио-дела спектра интересантан је део фреквенција од 900 MHz до око 8000 MHz због тога што је ту апсорпција било да је од галактичке материје или од Земљине атмосфере најмања (видети слику 2). У том делу се налази фреквенција од 1420 MHz (21 *cm*). На тој фреквенцији емитује и апсорбује зрачење атомски водоник (*H*) који је најраспрострањенији елемент у васиони. Ова фреквенција има изузетан физички значај те се узима за фундаменталну. Близу линије водоника од 21 cm налази се линија радикала *OH* на 18 *cm* (1662 MHz). Интересантно је да *H* и *OH* дају воду (H_2O), која је један од основних предуслова за постојање живота.

Посматрања се не врше само на 21 *cm*, већ се



Слика 2. „Водено окно" је место у центиметарском радио-делу спектра где је однос шум-сигнал најмањи.

узимају неке карактеристичне фреквенције као, на пример, линија *OH*. Приликом почетка неког пројекта посматрања радио-астрономи изаберу неке карактеристичне звезде и посматрају сваку од њих на изабраним фреквенцијама. После анализирају посматрања, тражећи сигнале који не могу да се објасне природним механизмима зрачења. Наравно, треба исључити случајне или намерне земаљске сигнале који могу потицати од војних авиона или сателита.

После пионирских корака Дрејка огроман број радио-астронома почиње да посматра изабране објекте. Посматрају се не само изабране звезде Сунчевог типа већ и галаксије. Укључују се све велике астрономске силе: Русија (тадашњи СССР), Енглеска и Аустралија. Почетком седамдесетих година укључује се и NASA, што даје огроман подстрек истраживањима. После вишегодишњих припрема и једногодишњег посматрања Конгрес САД прекида финансирање посматрања. Током деведесетих пројекти посматрања се претежно финансирају из приватних фондова и планови великих светских свемирских агенција не укључују SETI посматрања. До данас је било преко седамдесет пројеката где је посматрано неколико хиљада звезда. Сви резултати су били негативни, а у посматрањима где су се појавили неки вештачки сигнали открило се да потичу са Земље.

Можда је најпознатији тзв. *WOW* сигнал. Године 1977. на Државној радио-опсерваторији у Охају приликом посматрања једног дела неба појавио се сигнал 30 пута већи од околног шума. Анализом сигнала закључило се да он потиче од објекта који се кретао у односу на звезде. На основи Доплеровог помака видело се да није земаљског типа. Координате су показивале да није у питању ниједна нама блиска звезда. Сигнал никада више није ухваћен.

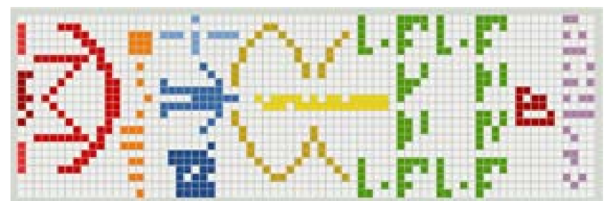
Са посматрањима се наставило, тако да данас постоји неколико дугорочних пројеката посматрања изабраних звезда. Научници се нису зауставили само на посматрању већ су послали неке сигнале који другим цивилизацијама могу да много тога кажу о нама. Тако је почео пројекат *CETI* (*Communication with Extraterrestrial Intelligence* - комуникација са ванземаљском интелигенцијом).

CETI

Поред пасивног посматрања, где само очекујемо информације, научници су се окренули и активном ставу. У свемир смо послали три врсте носиоца информације да постојимо и где се налазимо.

Све је почело између Првог и Другог светског рата када смо емитовали телевизијске сигнале у свемир. Пошто су то сигнали електромагнетне природе они путују брзином светлости што значи да су до сада стигли на растојање од око 70 светлосних година. У тој сфери постоји око 4000 звезда. Наравно, сигнал слаби са квадратом удаљености али може да

00000010101010000000000000101000001010000000100100010001000100
10110010101010101010101010100100100000000000000000000000000000000
00000110000000000000000000110100000000000000000000000110100000000
00000000001010100000000000000000000111110000000000000000000000000
00000000011000011100011000011000100000000000000011001000011010000
01100011000011010111110111110111110111110000000000000000000000000
00000100000000000000000010000000000000000000000000000000100000000
00000000011111100000000000000000111110000000000000000000000011000
01100001110001100010000000100000000001000011010000110001110011
01011111011111011111011111000000000000000000000000000010000000011
00000000010000000000000110000000000000000000100000110000000000011111
10000001100000011111000000000000110000000000000000100000000010000000
01000000100000011000000001000000001100001100000010000000000011000
10000110000000000000000011001100000000000000000110001000011000000000
01100001100000010000000010000000100000000010000001000000001100000000
00100010000000011000000001000100000000000100000000100000010000000
10000000100000000100000000000000110000000000110000000001100000000000
10001110101100000000000000100000000100000000000000000100000111110000
00000000100001011101001011011000000100111001001111111011110000
11100000110111000000000001010000011101100100000001010000011111110
01000000010100000110000000100000110110000000000000000000000000000
00000000011100000100000000000000001110101000101010101010100111000
00000010101010000000000000000000101000000000000000001111100000000000
00000011111111100000000000000001110000000011100000000000110000000000
01100000000110100000000000010110000011001100000000110011000010001 0
10000001010001000010001001000100100010000000001000101000100000000
00000010000100001000000000000001000000000001000000000000000001001010
0000000000111100111110100111000



Слика 3. Порука из 1974. године. На слици доле је приказан распоред јединица и нула у облику обојених квадрата. На слици горе је приказ јединица и нула (бинарни запис).

се детектује осетљивим радио-антенама.

Други носилац информације је свесно и намерно послат. Године 1974. радио-телескопом у Аресибу (Порторико) послат је низ импулса ка збијеном звезданом јату М13 у сазвежђу Херкулес. Ово јато звезда састоји се од око 300 000 звезда и удаљено је од Земље 24 000 светлосних година. Вероватноћа да се тамо налази једна интелигентна врста која би могла да прими сигнал и да одговори на њега износи 50 процената. Сигнал је послат на таласној дужини од 12,6 *cm* (2380 MHz) што значи да се налази у такозваном воденом окну. Цивилизација која би га могла ухватити 25 974. године (!) видела би да се он састоји од 1679 јединица и нула. Овде почиње прича о могућем универзалном језику за комуникацију између различитих интелигентних врста.

Научници су се овим питањем бавили 60-тих година овог века. Оливер (Бернард Оливер) је 1963. године предложио врсту споразумевања где су основа прости симболи засновани на најједноставнијем систему. Бројеви би се писали у виду јединица и нула (тако се сигнал може најлакше слати) док би се за основу дужине и времена узела таласна дужина и фреквенција емитоване поруке. Број јединица и нула би био једини могући производ два проста броја. Када, би се та порука претворила у дводимензионални приказ, где дужина и висина приказа одговара тим простим бројевима, добили бисмо слику на којој би биле дате основне информације о пошиљаоцу поруке. На тој основи је урађен сигнал послат 1974. године из Аресиба. Број јединица и нула износи 1679 што представља производ два про-

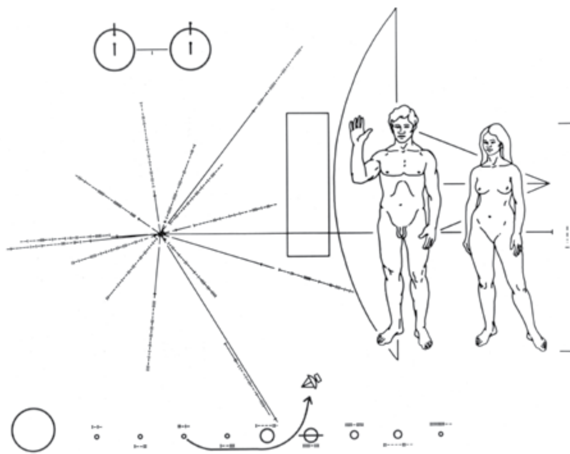
ста броја 75 и 23. Уколико се сложе јединице и нуле у правоугаоник ових димензија добијала би се слика 3. У првом реду су приказани бројеви од један до десет у бинарном систему. У другом реду су приказани атомски бројеви пет основних градивиних елемената органске материје на Земљи: водоник, угљеник, азот, кисеоник и фосфор. Ниже је дата структура саставних једињења ДНК. Између стилизованог ланца ДНК написан је број нуклеотида у ДНК испод које је човек чија је висина дата са његове десне стране. Висина је изражена у јединицама таласне дужине емитованог сигнала. Са десне стране је дат број људи на Земљи. Ред испод човека представља Сунчев систем са Сунцем на левом крају. Трећа планета од Сунца је уздигнута и представља Земљу, са које је човек. На крају је дата слика радио-телескопа са ког је послат сигнал и његов пречник у јединицама таласне дужине на дну слике.

Овде се поставља једно питање. Како би друга врста протумачила ову слику? Ми то не знамо. Можемо се надати да су основни аксиоми математике, закони атомске физике и фундаменти логике универзални. Основне поставке радио-антене и њен рад је заснован на законима које ми познајемо, дакле. уколико они приме овај сигнал значи да су нам основе исте или бар сличне.

Пошто би интелигенција у M13 примила овај сигнал и правилно га протумачила послали би своју поруку, јер ће знати положај одакле је послат. Ми ћемо примити њихову поруку тек за 50 000 година. Да ли ће нам онда она нешто значити?

Трећи и за сада последњи артефекат који је човек послао ка звездама су биле три мале плочице. После освајања Месеца крајем 60-их година прошлог века почела је ера истраживања, спољашних планета. У току 1972. и 1973. године лансирани су Пионир 10 и Пионир 11. Њихов задатак је био истраживање планета иза Марса. Пионир 10 је носио позлаћену плочицу коју су направили Саган (Carl Sagan) и Дрејк (слика 4). На врху слике је приказан атом водоника у два стања. Атом водоника прелази из једног стања у друго зрачећи радиолинију на познатој таласној дужини од 21 *cm*. Ова величина је узета као основна јединица за дужину на плочици док је реципрочна вредност учестаности од 1420 MHz узета као временска јединица. Иза фигура мушкарца и жене приказан је у пропорцији са њиховом величином Пионир 10. На дну слике је дат Сунчев систем са путањом Пионира. Централни део плочице заузима цртеж положаја Сунца у односу на 14 пулсара. Како то увек бива, Саган и Дрејк су нападнути од стране моралних пуританаца за недоличан приказ човека.

Слична плочица се налази на мисијама Војаџер 1 и Војаџер 2 које су лансиране 1977. године. На тим округлим плочама је са једне стране приказ сличан као на плочи Пионира 10 док се на другој страни налазе урезани звукови бића са Земље међу којима је и Други брандербушки концерт Баха. Можемо само



Слика 4. Плочица на Пиониру 10 се сада налази милијардама километара од Земље.

да, замислимо како ће реаговати друга бића на Баха.

Ове три плоче заједно са леталицама су једини људски артефакти који су напустили Сунчев систем. Њихова будућност није лепа. После немилосрдног бомбардовања космичке прашине и зрака доћи ће до неког система кроз неколико стотина милиона година. Вероватноћа да, их нека цивилизација пронађе је занемарљиво мала.

Иако нисмо успоставили контакт (ако се то икада и догоди) бар смо покушали. Експерти су већ почели да анализирају како би контакт могао да изгледа.

Апокалипса контакта

Још када је Дрејк 1974. године послао поруку из Аресиба отворила се расправа у научним круговима да ли треба да обзнанимо наше постојање. Неки научници су се уплашили контакта и његових сигурно револуционарних промена у самим структурама наших друштава. Написано је много озбиљних научних студија о могућим сценаријима неповољних сусрета. Инвазија и експлоатација од стране супериорније расе је сасвим могућа. То бар показује освајање нових земаља од стране европских народа после Колумба. Међутим, ауторитет какав је Саган сматра да је супериорнија раса сигурно много мирољубивија. У овај оптимистички став можемо само да верујемо. Постоји опасност и од културног шока изазваног наглим приливом нама нових и потпуно непознатих културних, етичких или друштвених ставова и погледа. На крају се поставља и питање биохемијског опстанка људи услед додира са потпуно новим облицима живота. Питање је како ћемо реаговати на нове вирусе и бактерије, уколико уопште имају тај облик.

Међутим овакви ставови су бар за сада у мањини. Позитивне стране контакта би биле невероватне бар у физичким наукама. Као што смо ви-

дели просторно-временске раздаљине у свемиру су огромне у односу на нас. Контакт би трајао стотинама година полако нас привикавајући на постојање других врста. Али...

После пола века тишине она је и даље само тишина. Иако се шетамо по Месецу, шаљемо возила на Марс, ослушкујемо звезде и шаљемо сигнале нашег постојања ништа нисмо пронашли. Наравно, ми и даље верујемо да је реченица Мартина Риса (*Martin Rees*) „Непостојање доказа није доказ непостојања" тачна.

Литература:

1. Šklovski J.S.: 1989. Vasiona, život, razum, peto izdanje, Prosveta, Beograd
2. SETI: 1979. Traganje za vanzemaljskim razumom, priredio i preveo Zoran Živkovic, Svetlost, Kragujevac
3. Asimov I.: 1989. Život u svemiru, Sfinga, Beograd
4. Sagan K.: 1990.Kosmos, Polaris, Beograd, Izvori, Zagreb
5. Raos N.: 1979. Daleki svjetovi, Školska knjiga, Zagreb
6. www.astrobiology.com
7. seti.uws.edu.au
8. www.coseti.org
9. techinfo.jpl.nasa.gov/WWW/ExNPS/HomePage.html
10. www.seti-inst.edu
11. www.setileague.org
12. www.setiathome.berkeley.edu

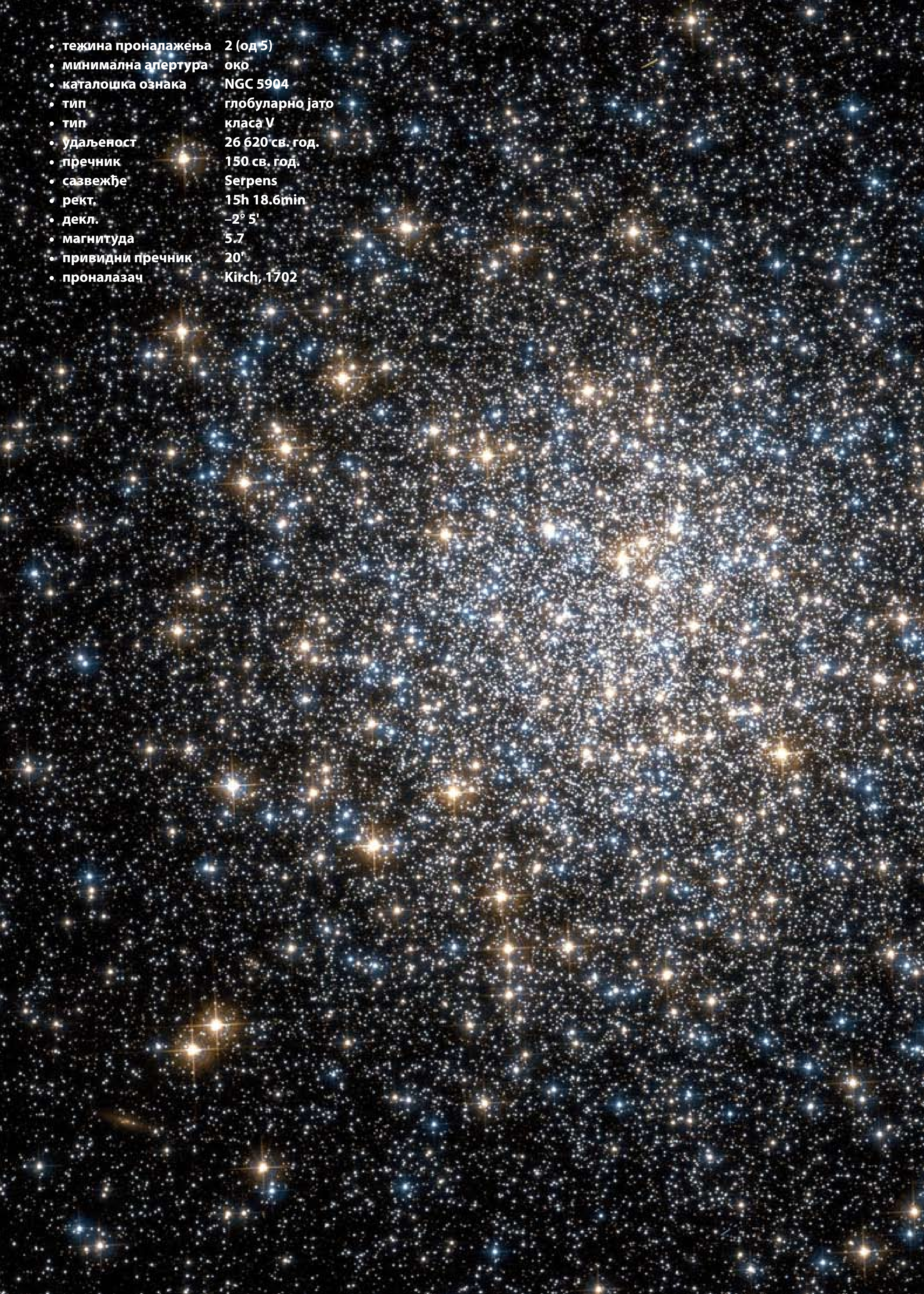
Овај рад је писан под руководством проф. др Јелене Милоградов-Турин у оквиру предмета „Историја и методика наставе астрономије".

Life beyond Earth? -

Nenad Milovanović

Basic results concerning the extance of life beyond the earth are discussed. The paper is rather old, but it presents the basic notions.





- тежина проналажења 2 (од 5)
- минимална апертура око
- каталошка ознака NGC 5904
- тип глобуларно јато
- тип класа V
- удаљеност 26 620 св. год.
- пречник 150 св. год.
- сазвежђе Serpens
- ректасцензија 15h 18.6min
- деклинација –2° 5'
- магнитуда 5.7
- привидни пречник 20'
- проналазач Kirch, 1702


Глобуларно јато М5 (љубазношћу: NASA/STScl)

М5 - збијено јато

Историја

Збијено јато М5 је први пут уочио Готфрид Кирх (*Gottfried Kirch*) из Берлина 5. маја 1702. године и описао га као „магличасту звезду”. Нажалост, ово посматрање није нигде објављено и откривено је у посматрачком дневнику тек након Кирхове смрти.

Шарл Месије који је овај објекат посматрао 23. маја 1764, када је у посматрачки дневник записао „величанствена маглина, не садржи звезде, округла је. У добрим посматрачким условима веома лако се посматра, чак и кроз рефрактор од 3 инча, жижне даљине једне стопе”.

Посматрањима из 1791. године, Вилијем Хершел закључује да је М5 уствари збијено јато и успева да уочи око 200 звезда и додаје „средишњи део јата је тако збијен да је немогуће уочити звезде”. Хершелов син, Џон у својим посматрањима овог објекта записао је „звезде које сачињавају јато су 11 до 15 магнитуде, збијеност јата расте према његовом центру”

У посматрњима лорда Роса први пут се спомињу димензије јата и оно је процењено на 7 до 8 лучних минута са компактним централним делом од око 1 лучне минуте.

Фотографским посматрањима из 1918. године Кертис закључује да је јато 12 лучних минута у пречнику.

Промењљиве звезде су први пут уочене у јату током 1890-тих и закључно са 1899. годином и Бејлијевим посматрањима откривено их је 85. До 1959. године број посматраних промењљивих звезда у јату се попео на 97.

Астрофизика

Збијено јато М5 се налази на удаљености од 26 620 светлосних година. Пречник јата је 150 светлосних година, а угловни пречник је 20 лучних минута. Око галактичког центра се креће по ексцентричној орбити, па је најдаља тачка орбите у односу на центар удаљена од 150 000 светлосних година.Тренутна удаљеност је 20 000 светлосних година. Маса јата се процењује на око 800 000 Сунчевих маса. Најсјајније звезде у јату су 12.2 магнитуде.

До данас је у М5 посматрано 120 промењљивих звезда типа RR Lyrae. Такође, уочене су и патуљасте нове са периодом од 5.8 часова и флуктуацијама у сјају између 19.8 и 22.5 магнитуде. Уочени су и „плави изданци” (blue stragglers) типа SX Phoenicis и десетина еклипсних двојних звезда.

Старост овог јата се процењује на 8.9 до 10.6 милијарди година.

УДК - 52(059.3)

проф. др Стево Шеган
Катедра за астрономију,
Математички факултет, Београд

Календари

Индијски календар

Као резултат реформе календара 1957. н.е. индијски Национални календар је формализовао лунисоларни календар у којем се преступне године подударају са преступним годинама у Грегоријанском календару (Комитет за реформу календара, 1957.). Па ипак, почетак је Сака Ера, традиционална епоха индијске хронологије. Месецима су дата традиционална имена и они су померени у односу на почетак Грегоријанских месеци (видети Табелу 1).

Осим што је успоставио грађански календар Комитет за реформу календара је поставио правила за верске календаре, која захтевају рачуне кретања и положаја Сунца и Месеца. Таблице верских празника је припремило Метереолошко одељење и објављују се једном годишње у *The Indian Astronomichal Ephemeris*.

Упркос покушаја да се успостави јединствен календар за целу Индију, постоје разне варијације. Грегоријански календар се и даље користи у административне сврхе, а празници се још увек одређују према покрајинама, религији и традицији.

Правила за грађанску употребу

Године се рачунају од Сака Ере; сматра се да 1. Сака почиње са еквинокцијем 79. н.е. Реформисан индијски календар почиње са Сака Ером 1879. што одговара 22. марту 1957. н.е. Нормалне године имају 365 дана а преступне 366 дана. У преступној години један уметнут дан се додаје на крај календара. Да би одредили преступне године, прво додајте 78 на Сака годину. Ако се збир може поделити са 4, година је преступна, осим ако је збир мултипл од 100. Табела 1 приказује списак месеци и њихов однос према месецима Грегоријанског календара.

Задржана је недеља од седам дана, потпуно повезана са западном недељом. Дани теку од поноћи до поноћи.

Основе верског календара

Верски празници су одређени лунисоларним календаром који се заснива на рачунима стварних положаја Сунца и Месеца. Као што ће се видети, већина празника су одређеног месечевог датума (титхис); ретко су дати за одређени сунчев датум. Методе које су овде представљене препоручио је Комитет за реформу календара, 1957. Оне служе као основа за календар објављен у *The Indian Astronomical Ephemeris*. Па ипак, многи локални творци календара употребљавају традиционалне астрономске концепте и формуле, а неке од њих потичу још из 1500.

дани у месецу		**корелација са индијским и грегоријанским месецима**	
Caitra	**30***	**Caitra 1**	**22.* март**
Vaisakha	**31**	**Vaisakha 1**	**21. април**
Jyaistha	**31**	**Jyaistha 1**	**22. мај**
Asadha	**31**	**Asadha 1**	**22. јун**
Sravana	**31**	**Sravana 1**	**23. јул**
Bhadra	**31**	**Bhadra 1**	**23. август**
Asvina	**30**	**Asvina 1**	**23. септембар**
Kartika	**30**	**Kartika 1**	**23. октобар**
Agrahayana	**30**	**Agrahayana 1**	**22. новембар**
Pausa	**30**	**Pausa 1**	**22. децембар**
Magha	**30**	**Magha 1**	**21. јануар**
Phalguna	**30**	**Phalguna 1**	**20. фебруар**
*** у преступној години Caitra има 31 дан, а Caitra 1 одговара 21. марту.**			

Табела 1.

Комитет за реформу календара је намеравао да усклади традиционалну календарску праксу са модерним астрономским концептима. Према њиховим предлозима, прецесија се узима у обзир, а прорачуни положаја Сунца и Месеца су засновани на тачним модерним методама. Сви астрономски прорачуни се обављају у односу на Централну станицу на источној лонгитуди од 82°30′ и северној латитуди од 23°11′. У верске сврхе сунчеви дани се рачунају од излаза до залаза Сунца.

Сунчев месец је дефинисан као интервал који је потребан сунчевој привидној лонгитуди да се повећа за 30°, што одговара пролазу Сунца кроз зодијачки знак (*rasi*). Почетни месец године *Vaisahka*, почиње када је стварна лонгитуда Сунца 23°15′ (видети Табелу 2). Пошто је Земљина орбита елиптична, дужина месеца варира од 29.2 до 31.2 дана. Сви кратки месеци се јављају у другој половини године око времена проласка Земље кроз перихел.

Лунарни месеци су мерени од једног младог

Сунчева лонгитуда на почетку пролећа (° ′)		при-ближно трајање месеца	приближно грегоријански датум
Vaisakha	23 15	30.9	13. април
Jyestha	53 15	31.3	14. мај
Asadha	83 15	31.5	14. јун
Sravana	113 15	31.4	16. јул
Bhadrapada	143 15	31.0	16. август
Asvina	173 15	30.5	16. септембар
Kartika	203 15	30.0	17. октобар
Margasirsa	233 15	29.6	16. новембар
Pausa	263 15	29.4	15. децембар
Magha	293 15	29.5	14. јануар
Phalguna	323 15	29.9	12. фебруар
Caitra	353 15	30.3	14. март

Табела 2.

Месеца до другог (мада неке групе рачунају од пуног Месеца). Сваком лунарном месецу је дато име сунчевог месеца у коме почиње лунарни месец. Пошто је већина лунација краћа од сунчевог месеца, постоје сунчеви месеци у којима се појаве два млада Месеца. У овом случају, оба лунарна месеца носе исто име, али је први месец описан префиксом *adhika*, или уметнут. Таква година има 13 лунарних месеци. *Adhika* месеци се појављу сваке две или три године пратећи модел описан Метоновим циклусом или још комплексније циклусом месечевих мена.

Ређе ће се појавити година у којој ће кратак сунчев месец проћи без младог месеца. У овом случају, име сунчевог месеца се не појављује у календару за ту годину. Такав неправилан месец (*ksaya*) се може појавити само у месецима близу проласка Земље кроз перихел. Као компензација, месец у следећој половини године ће имати два пуна Месеца, тако да ће година и даље имати дванаест лунарних месеци. *Ksaya* месеци могу бити у размаку од деветнаест година, а могу се појавити и тек после 141 године.

Лунације су подељене на 30 *tithis* или лунарних дана. Сваки *tithi* је дефинисан временом које је потребно да се лонгитуда Месеца повећа за 12° више од лонгитуде Сунца. Тако дужина *thitia* може да варира од око 20^h до скоро 27^h. У току фазе повећавања, *thitisi* се броје од 1 до 15 са ознаком *Sukla*. *Thitisi* у фази смањивања су означени са *Krsna* и опет се броје од 1 до 15. Сваком дану је додељен број *thitia* који је у току у време излаза Сунца. Понекада кратак *thiti* ће почети после излаза Сунца и завршити се пре следећег излаза. Слично, дуги *thiti* може да захвати два излаза. У првом случају, број је изостављен из бројања дана. У другом се редни број дана преноси у следећи дан.

Историја Индијског календара

Историја календара у Индији је веома сложена услед континуитета индијске цивилизације и утицаја разних култура. Средином 50-их када је Комитет за реформу календара направио снимак стања, постојало је у употреби око 30 календара за верске празнике Индуса, Будиста и Џаиниста. Неки од њих су се користили и за грађанске потребе. Ови календари су били основани на заједничким принципима, мада су имали локалне карактеристике одређене давно установљеним обичајима и астрономском праксом локалних твораца календара. Осим тога, муслимани у Индији су користили Исламски календар, а индијска влада је користила Грегоријански календар за административне сврхе.

Ране алузије на лунисоларни календар са убаченим месецима су нађене у епу Рг Веда, која датира две хиљаде година п.н.е. Литература од 1300. п.н.е. до 300 н.е. даје ближе информације. Петогодишњи лунисоларни календар усклађивао је сунчеве године са синодичким и сидеричким месецима.

Индијска астрономија је претрпела општу реформу у првих неколико столећа н.е. када је постао познат напредак у вавилонској и грчкој астрономији. Усвојене су нове константе и модели за кретање Сунца и Месеца у традиционалној календарској пракси. То је било изнето у астрономским списима тог доба познатим као *Siddhantas*, од којих су многи нестали. *Surya Siddhanta*, који је настао у четвртом столећу, а ажуриран је у следећим столећима, утицао је на творце календара у Индији све до, а и после реформе календара 1957. н.е.

Пингре (*Pingree*), 1978 даје преглед развоја математичке астрономије у Индији. Мада се не бави директно календарима, овај материјал је неопходан за потпуно разумевање историје индијских календара.

Кинески календар

Кинески календар је лунисоларни календар заснован на прорачунима положаја Сунца и Месеца. Месеци од 29 и 30 дана почињу на дане астрономских младих Месеца, са једним уметнутим-интеркаларним месецом који се додаје сваке две или три године. Пошто је календар заснован на правим положајима Сунца и Месеца, тачност календара зависи од тачности астрономских теорија и прорачуна.

Мада се Грегоријански календар користи у Народној републици Кини у административне сврхе, традиционални Кинески календар се користи за одређивање празника и одређивање времена за пољопривредне активности у провинцији. Кинески календар такође употребљавају кинеске заједнице широм света.

небеска стабла	Земаљске гране	
jia	zi	пацов
yi	chou	во
bing	yin	тигар
ding	mao	зец
wu	chen	змај
ji	si	змија
geng	wu	коњ
xin	wei	овца
ren	shen	мајмун
gui	you	перад
	xu	пас
	hai	свиња

називи година			
1. jia-zi	16. ji-mao	31. jia-wu	46. ji-you
2. yi-chou	17. geng-chen	32. yi-wei	47. geng-xu
3. bing-yin	18. xin-si	33. bing-shen	48. xin-hai
4. ding-mao	19. ren-wu	34. ding-you	49. ren-zi
5. wu-chen	20. gui-wei	35. wu-xu	50. gui-chou
6. ji-si	21. jia-shen	36. ji-hai	51. jia-yin
7. geng-wu	22. yi-you	37. geng-zi	52. yi-mao
8. xin-wei	23. bing-xu	38. xin-chou	53. bing-chen
9. ren-shen	24. ding-hai	39. ren-yin	54. ding-si
10. gui-you	25. wu-zi	40. gui-mao	55. wu-wu
11. jia-xu	26. ji-chou	41. jia-chen	56. ji-wei
12. yi-hai	27. geng-yin	42. yi-si	57. geng-shen
13. bing-zi	28. xin-mao	43. bing-wu	58. xin-you
14. ding-chou	29. ren-chen	44. ding-wei	59. ren-xu
15. wu-yin	30. gui-si	45. wu-shen	60. gui-hai

Табела 3.

Правила

Не постоји посебна почетна епоха за рачунање година. У историјским списима датуми су специфицовани бројањем дана у циклусима са основом шест и бројањем година из редоследа ера које су установили владајући монарси (видети каснији одељак).

Циклус од 60 година се састоји од имена која су створена упаривањем имена из листе од десет Небеских стабала са именима из листе од дванаест Земаљских грана, пратећи ред дат у Табели 3. Имена небеских стабала се не преводе (кинески знаци), док су Земаљске гране имена 12 животиња. После шест понављања „стабла" и пет понављања „грана", комплетни циклус парова је завршен, почиње нови циклус Почетна година (*jia-zi*) једног од циклуса почела је 2. фебруара 1984.

Дани се рачунају од поноћи до поноћи. Први дан календарског месеца је дан у коме је прорачунато да ће се појавити астрономски млад Месец (конјункција). Пошто је просечни размак између сукцесивних младих месеца приближно 29.53 дана, месеци су од 29 или 30 дана. Месеци су одређени бројевима од 1 до 12. Када се додаје уметнут месец он носи број претходног месеца, али је означен као уметнут. Једна обична година од дванаест месеци има 353, 354 или 355 дана; преступна година има тринаест месеци са 383, 384 или 385 дана.

Услови за додавање месеца су одређени интервалом појаве младог Месеца у односу на делове тропске године. Тропска година је подељена на 24 сунчева члана, у сегменте од 15° сунчеве лонгитуде. Ови делови су упарени са дванаест деобних чланова (*Jieqi*) и дванаест главних чланова (*Zhogqi*), као што је приказано у Табели 4. Ови чланови су означени бројевима и дата су им имена метереолошка или сезонска. У примерима који следе ради поједностављења чланови су означени са С и П које прати број. Услед елиптичности Земљине орбите размак између сунчевих чланова се мења са годишњим добима.

Референтни радови дају разна правила за установљавање дана Нове године и за уметање у лунисоларни календар. Пошто је календар у почетку заснован на претпоставци да је кретање Сунца једнако по годишњим добима, објављена правила су често неадекватна за специјалне случајеве. Следећа правила се тренутно користе за основу календара.

1. Први дан месеца је дан када се појављује млад Месец.
2. Обична година има дванаест лунарних месеци; интеркаларна година има тринаест лунарних месеци.
3. Зимски солстициј (члан П-11) увек пада у 11. месец.
4. У интеркаларној години, месец у коме нема главног члана је уметнут месец. Он је добио број претходног месеца, са ознаком уметања. Ако два месеца године са уметањем не садрже главни члан, само се први месец после зимског солстиција сматра уметнутим.
5. Прорачуни су дати за источни меридијан на 120°.

Број месеци обично одговара броју главних чланова који се појављују у току месеца. У ретким случајевима, постоје месеци који имају два главна члана, што даје резултат да неуметнут месец неће имати главни члан. Ови случајеви се могу решити стриктном применом правила 2 и 3. Ова атипична ситуација је дата у 2. примеру.

члан*	назив	Сунчева лонгитуда	приближни Грегоријански датум	приближно трајање
С-1 Lichun	почетак пролећа	315	4. фебруар	
П-1 Yushui	кишне воде	330	19. фебруар	29.8
С-2 Jingzhe	буђење инсеката	345	6. март	
П-2 Chunfen	пролећни еквинокциј	0	21. март	30.2
С-3 Qingming	чисти сјај	15	5. април	
П-3 Guyu	житна киша	30	20. април	30.7
С-4 Lixia	почетак лета	45	6. мај	
П-4 Xiaoman	наливање жита	60	21. мај	31.2
С-5 Mangzhong	жито у класу	75	6. јун	
П-5 Xiazhi	летњи солстициј	90	22. јун	31.4
С-6 Xiaoshu	мала врелина	105	7. јул	
П-6 Dashu	велика врелина	120	23. јул	31.4
С-7 Liqiu	почетак јесени	135	8. август	
П-7 Chushu	граница врелине	150	23. август	31......
С-8 Bail	бела роса	165	8. септембар	
П-8 Quifen	јесењи еквинокциј	180	23. септембар	30.....
С-9 Hanlu	хладна роса	195	8. октобар	
П-9 Shuangjiang	падање мраза	210	24. октобар	30.....
С-10 Lidong	почетак зиме	225	8. новембар	
П-10 Xiaoxue	мали снег	240	22. новембар	29........
С-11 Daxue	велики снег	255	7. децембар	
П-11 Dongzhi	зимски солстициј	270	22. децембар	29.....
С-12 Xiaohan	мала хладноћа	285	6. јануар	
П-12 Dahan	велика хладноћа	300	20. јануар	29......
* Чланови су класификовани као деобни (*Jieqi*) или главни (*Zhonggi*), праћени бројем члана				

Табела 4.

Пример 1 (типичан случај):

Наћи Греогоријански датум Кинеске Нове године 1990.

Зимски солстициј (главни члан 11) се појављује 22. децембра 1990, а Нова година на или пре тог датума је 17. децембра. Одавде можемо саставити следећу табелу.

млад месец	17. децембар 1990.	месец 11.
П-11	22. децембар	зимски солстициј
С-12	6. јануар	
млад месец	16. јануар 1991.	месец 12.
П-12	20. јануар	
С-1	4. фебруар	
млад месец	15. фебруар	месец 1.
П-1	19. фебруар	
С-2	6. март	
млад месец	16. март	месец 2.

Кинеска нова година пада 15. фебруара. У овом периоду нема уметнутих (интеркаларних) месеци.

Пример 2 (атипичан случај):

Нађи Греогоријански датум Кинеске Нове године 1985 н.е.

млад месец	22. децембар 1984.	месец 11.
П-11	22. децембар	зимски солстициј
С-12	5. јануар 1985.	
П-12	20. јануар	
млад месец	21. јануар	месец 12.?
С-1	4. фебруар	
П-1	19. фебруар	
млад месец	20. фебруар	месец 12. интеркаларни?
С-2	5. март	
млад месец	21. март	месец 1.?
П-2	21. март	

Зимски солстициј и млад Месец се појављују 22. децембра 1984.

Прва тешкоћа је да месец 11 има оба главна члана 11 и 12. Такође ћемо видети да месец који почиње 20. фебруара не може бити интеркаларни. Ово се открива налажењем следећег солстиција, који се мора појавити у 11. месецу и провером броја младих месеца. 1985, П-11 се појављује 22 децембра, а млад Месец који почиње у 11. месецу се појављује 12. децембра. Идући унатраг, у 1985. налазимо младе Месеце 13. новембра, 14. октобра, 15. септембра, 16. августа, 18. јула, 18. јуна, 20. маја, 20. априла, 21. марта, 20. фебруара и 21. јануара. Пошто има само дванаест младих месеца од 11. месеца 1984. до 11. месеца 1985, нема места за интеркаларни месец. Тако да је правилна секвенца месеци следећа:

млад месец	**22. децембар 1984.**	**месец 11.**
П-11	**22. децембар**	**зимски солстициј**
С-12	**5. јануар 1985.**	
П-12	**20. јануар**	
млад месец	**21. јануар**	**месец 12.**
С-1	**4. фебруар**	
П-1	**19. фебруар**	
млад месец	**20. фебруар**	**месец 1.**
С-2	**5. март**	
млад месец	**21. март**	**месец 2.**
П-2	**21. март**	

Кинеска Нова година, према томе, пада на 20. фебруар 1985.

Уопште, први корак при прорачуну Кинеског календара је да се провери постојање године са уметањем. Ово се може урадити одређивањем датума зимског солстиција и 11. месеца пре или периода за који смо заинтересовани, и затим бројањем интервентних младих месеца. Често се публиковане табеле кинеских календара не слажу са стварним кинеским календаром. Неке табеле су засноване на средњим, или упрошћеним, кретањима Сунца и Месеца. Неке су прорачунате за друге меридијане, а не за 120° источно. Неке садрже правило да једанаести, дванаести и први месец нису никад праћени уметнутим месецом. Ово некад није наведено као правило, већ је последица брзе промене сунчеве лонгитуде када је Земља близу перихела. Овакав исказ је неисправан када се кретања Сунца и Месеца тачно рачунају.

Историја Кинеског календара

У Кини је календар био свети документ, спонзорисан и обнародован од владара. Више од 2000 година Астрономски биро је одржавао астрономска посматрања, прорачунавао астрономске догађаје као што су помрачења, објављивао астрономска предвиђања и одржавао календар. Успешан календар није значио само задовољење практичних потреба већ је и потврђивао слагање Неба са Двором империје.

Анализе преосталих астрономских записа описују пророчки Кинески лунисоларни календар, са убацивањем лунарних месеци, унатраг чак до династије *Shang* у четрнаестом столећу п.н.е. Разне схеме уметања су се развиле у раним календарима, укључујући 19-огодишње и 76-годишње фазне циклусе који су постали познати на западу као Метонов циклус и *Callipic*–ов циклус[1].

Из најранијих записа се види да је почетак године био при младом Месецу близу зимског солстиција. Избор месеца којим је почињала година варирао је са местом и временом. При крају другог столећа п.н.е. установљена је пракса, која се наставља и данас, да зимски солстициј буде у 11. месецу. Ова реформа је увела и систем интеркалације – уметања где су датуми младог Месеца поређени са 24 сунчева члана (видети одељак даље). Ипак, прорачуни су били засниивани на средњим кретањима која су произилазила из одређених односа. Неуједначеност кретања Месеца је била узета у обзир још у седмом веку н.е., али сунчева средња лонгитуда је коришћена за прорачуне сунчевих чланова све до 1644.

Године су рачунате из сукцесија ера које су установили у то време владајући императори. Мада би долазак једног императора значио отпочињање нове ере, император је могао да прогласи нову еру и за време своје владавине. Увођење нове ере је био покушај да се поново успоставе покидане везе између Неба и Земље, коју је представљао император. Прекид је могао да буде представљен болешћу императора, појавама елементарних непогода, или пропустом астронома да предвиде небеске догађаје као што је на пример помрачење. У последњем случају, нова ера је била знак увођења нових астрономских или календарских модела.

Сексагезимални систем је коришћен за бројање година, месеци, дана и делова дана користећи скуп небеских стабала и земаљских грана описаних раније. Коришћење циклуса од 60 дана је присутно у најранијим астрономскоим записима. Насупрот томе, коришћење циклуса од 60 година је уведено у првом столећу н.е. или столеће раније (Tung, 1960; Needham, 1959.). Мада је бројање дана престало у свакодневној употре-

[1] Око 325. п.н.е. грчки филозоф *Callipic* је увео четвороструки Метонов циклус као основу за самерљивост синодичког месеца и тропске године; нешто касније је *Хипарх* увео и дужи интервал, али он није никад био примењен

би, још увек се табличи у календарима. Почетна година (*jia-zi*) једног од циклуса година почела је 2. фебруара 1984, који је трећи дан (*bing-yin*) циклуса дана.

Западне (пре Коперника) астрономске теорије су уведене у Кину посредством језуита мисионара у седамнаестом столећу. Постепено, постали су познати још модернији западни концепти. После револуције 1911, традиционална пракса рачунања година према доласку императора на престо је укинута.

ЈУЛИЈАНСКИ ДАН И ЈУЛИЈАНСКИ ДАТУМ

Систем Јулијанских редних бројева дана је континуално бројање дана који су протекли од почетка Јулијанског периода, како је то у шеснаестом веку дефинисао хронолог *J. J. Scaliger* (видети ранији одељак). Мада је Скалигерова првобитна идеја била да уведе бројање година, астрономи деветнаестог века су адаптирали систем тако да се броје дани. *John Herschel*, 1849. је исцрпно објаснио систем и дао табелу: „Размаци у данима између почетка Јулијанског периода и неких других значајних хронолошких и астрономских ера”.

Јулијански дан 0 је почињао у *Greenwich*–ко подне 1. јануара -4712, Јулијанског пролептичког календара. Јулијански редни број дана, изражен као цео број, означава број целих дана који су протекли од почетне епохе. Јулијански датум (ЈД) одређује посебан моменат дана завршавајући Јулијански редни број дана децималом. На пример, Јулијански редни број дана 25. јуна 1990. је 2448068, док је Јулијански датум у подне 2448068.0. Поноћ којом почиње грађански дан је одређена одузимањем 0.5 од Јулијанског датума у подне.

Број дана (1-365) од почетка године је понекад корисна алатка за чување записа. Слабост ове праксе је, као што смо већ једном рекли, да почне мешање Јулијанског календара са Јулијанским (редни број) даном.

ЈУЛИЈАНСКИ КАЛЕНДАР

Јулијански календар, који је увео Јулије Цезар -45, био је соларни календар са месецима фиксне дужине. Сваке четврте године један уметнути дан се додавао да се одржи синхронизација календарске године са тропском годином. Служио је као стандард све до Грегоријанске реформе +1582.

Данас принципе Јулијанског календара користе хронолози. Јулијански пролептички календар је направљен применом правила Јулијанског календара на период пре Цезарове реформе. Представља једноставан хронолошки систем који повезује друге календаре и служи као основа за Јулијански редни број дана.

Правила

Године су одређене као нормалне године од 365 дана а преступна године од 366 дана Преступне године се јављају у годинама које су дељиве са 4. У ову сврху, година 0 н.е. се сматра дељивом са 4. Година се дели на дванеаест правилних месеци који су коначно усвојени у Грегоријанском календару.

Историја Јулијанског календара

Година -45 се звала „година конфузије” зато што је те године Јулије Цезар убацио 90 дана да би довео месеце Римског календара натраг на традиционално место у односу на годишња доба. То је био први Цезаров корак реформе календара који је пошао наопако. Мада је пре-Јулијански календар био лунарни календар по инспирацији, његови месеци нису више пратили месечеве мене а година је изгубила корак са циклусом годишњих доба. Пратећи савет Сосигена, александријског астронома, Цезар је направио сунчев календар са дванаест месеци фиксне дужине и могућност за један уметнут дан који се може додати сваке четврте године. Као резултат, средња дужина године Јулијанског календара је била 365.25 дана. Ово је било сагласно са тропском годином каква је била позната у то време.

После Цезарове смрти, римски календарски ауторитети погрешно су применили правило преступне године, са резултатом да је свака трећа, а не четврта година била интеркаларна. Мада не постоје детаљни докази, углавном се верује да је император Август исправио ситуацију изостављајући уметање од Јулијанске године -8 до +4. После тога је Јулијански календар почео да функционише како је планирано.

Кроз средњи век употреба Јулијанског календара се развила и добила је неке локалне особености које настављају да представљају замку за неопрезне историчаре. Постојале су разлике у почетној епохи за рачунање година, датуму почетка године и методе за одређивање дана у месецу. Не само да су варирали са временом и местом већ и са сврхом. Различите конвенције су се употребљавале за разне црквене записе, финансијске трансакције и личну преписку.

Цезар је одредио 1. јануар као почетак године. Па ипак, цветале су и друге конвенције у разним временима и на разним местима. Најпопуларније замена су биле 1. март, 25. март и 25. децембар. Ово је настављало да прави проблеме историчарима, пошто је, на пример, 28. фебруар +998. записан у граду у коме година почиње 1. марта, исти дан као 28. фебруар +999. града у коме година почиње 1. јануара.

Наставак у следећем броју.

Милутин Тадић
Географски факултет, Београд

Сунчани часовник о. ш. „Бановић Страхиња”

Укључујући се у Међународну годину астрономије, Географски факултет поклонио је о. ш. „Бановић Страхиња” на Бановом брду сунчани часовник. У питању је тзв. аналематски сунчани часовник, први те врсте на простору бивше Југославије (слика 1).

Аналематски сунчани часовник је тип хоризонталног сунчаног часовника, који је први пут конструисан у 17. веку. Обзиром да се привидне дневне путање сунца померају током године, дневни часови се не могу очитавати према правцу сенке вертикалног штапа (гномона), па су се конструктори досетили да направе сунчани часовник код кога ће се померати бацач сенке. У складу с тим, улогу бацача сенке доделили су самом мериоцу. Мерилац добија активну улогу и постаје саставни део часовника.

Основу сунчаног часовника о. ш. „Бановић Страхиња” чини елипса у чијем се центру налази скала са секторима за сваки месец. Када по сунчаном времену мерилац, ученик, стане на одговарајући сектор, правац његове сенке показаће дневни час. Бројчаник сунчаног часовника уцртан је за летње време које важи у летњој половини године. Идеја је потекла од Бранке Петровић (о. ш. „Бановић Страхиња”) и мр Александра Петровића (Географски факултет), који су 8. октобра, уз помоћ пријатеља, Драгана Смиљковића (дизајн) и проф. др Милутина Тадића (прорачун), сунчани часовник осликали у дворишту школе. Већ приликом израде, сунчаник је привукао пажњу ученика који су се налазили у дворишту. Помагали су у осликавању, а затим и проверили тачност готовог сунчаног часовника. Највише им се свидело што овакав тип сунчаника не функционише без њиховог учешћа. Тако су осим информације о тачном времену, примили и дискретну поруку – *На теби је да откријеш свемир* – што је мото Међународне године астрономије.

Слика на десној страни: 1, 2: конструкција основне елипсе; 3: одређивање положаја часовних ознака помоћу правоуглих координата; 4: осликавање бројчаника; 5: пресликавање датумске скале; 6: пресликавање бројки шаблонима, уз помоћ ученица осмог разреда; 7: завршен сунчани часовник (датумска скала у центру, бројчаник по ободу елипсе, ознаке за стране света, географске координате Београда; 8: „пуштање у рад” првог аналематског сунчаног часовника у Србији.



Слика 1.


1


2


3


4


5


6


7
W
E
S
Београд
44° 49' N, 21° 29' E


8

Садржај
CONTENTS

Покровитељи овог броја:

BSProcesor
Zajedno možemo mnogo.



Министарство науке
републике Србије

Слика са насловне стране:



Снимак начињен Хабловим свемирским телескопом (*Advanced Camera for Surveys - ACS*), је надетаљнији икада направљен снимак Орионове маглине. Више од 3000 звезда се може уочити на снимку, а неке од њих нису до сада посматране у видљивој светлости. Посматрања су вршена током 2004 и 2005. године.

Љубазношћу: NASA, ESA, M. Robberto (Space Telescope Science Institute/ESA), Hubble Space Telescope Orion Treasury Project Team

ВАСИОНА, часопис за астрономију, издање Астрономског друштва „Руђер Бошковић". Излази у 4 броја годишње. Годишња претплата за 2009. годину износи 600 динара, цена појединачног броја је 180 динара. Претплата за иностранство је 20 евра. Претплату уплатити на жиро рачун број: 205-29948-66.
Астрономско друштво „Руђер Бошковић"
Горњи град 16, 11000 Београд, тел/факс: 011 3032 133
e-mail: vasiona@adrb.org
www.adrb.org

CIP – Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

UDC 52(05)
ISSN 0506-4295
COBISS.SR-ID 3739394
http://vbs.nbs.bg.ac.yu/cobiss

